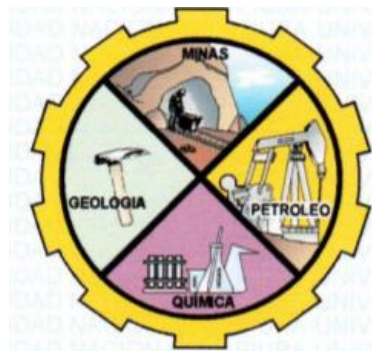


UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**“EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA. HH
NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA
Y DEPARTAMENTO DE PIURA”**

Presentada por:

Bach. DALIA LIZBET FLORES HUANCAS

Asesor:

Ing. MIGUEL MENA MAZA.

Línea de investigación/Sub Línea de investigación:

**Aprovechamiento y Gestión Sostenible del Ambiente y los Recursos
Naturales/Aprovechamiento y Conservación de los Recursos Naturales**

PIURA – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**“EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA. HH
NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA
Y DEPARTAMENTO DE PIURA”**

Presentada por:

Bach. DALIA LIZBET FLORES HUANCAS

Ejecutor

Ing. MIGUEL MENA MAZA

Asesor

Línea de investigación/Sub Línea de investigación:

**Aprovechamiento y Gestión Sostenible del Ambiente y los Recursos
Naturales/Aprovechamiento y Conservación de los Recursos Naturales**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE LA TESIS

FLORES HUANCAS DALIA LIZBET, identificado con DNI 76544432 y CU 0612013066, Bachiller en Ingeniería Geológica, Facultad de Ingeniería de Minas, y domiciliado en AA. HH Nuevo Catacaos Av. San José 088 U/C, Distrito de Catacaos- Provincia de Piura-Departamento de Piura, Celular N° 980075153, Email: aliad.flor.es.huancas@hotmail.com.

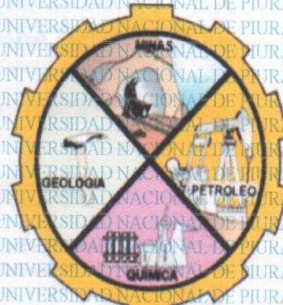
DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. 411 del Código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.



Br. FLORES HUANCAS DALIA LIZBET
DNI 76544432

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS
"EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA
APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA.
HH NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI,
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"


DR. ING. RENATO UMERES CACERES
PRESIDENTE


ING. EDINSON J. SANCHEZ VELASQUEZ
SECRETARIO


ING. JOSE COBEÑA URBINA M. SC.
VOCAL

Línea de investigación/Sub Línea de investigación:
Aprovechamiento y Gestión Sostenible del Ambiente y los Recursos
Naturales/Aprovechamiento y Conservación de los Recursos Naturales




UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS
DECANATO

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"


ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


Los Miembros del Jurado Calificador nombrados mediante Resolución N° 160-CF-2019, de fecha cuatro de marzo de dos mil diecinueve, que suscriben, reunidos el día jueves once de abril de dos mil diecinueve, a horas 12:00 m., en el aula del PROMAINA - FIM, para la sustentación de la Tesis titulada "**EXPLORACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL AA.HH. NUEVO SANTA ROSA. DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIUA**", conducida por la Señorita Bachiller en Ingeniería Geológica **FLORES HUANCAS DALIA LIZBET**, la misma que cuenta con el asesoramiento del Ing° **Miguel Mena Maza**. Efectuadas las observaciones y dadas las respuestas, la declaran:

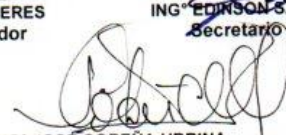
DESAPROBADA	APROBADA			
	Bueno	Muy Bueno	Sobresaliente	Excelente
		-----	-----	-----

En consecuencia, queda en condición de ser calificada **APTA** y solicitar al Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, le otorgue el **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA GEÓLOGA**, de conformidad con lo estipulado en las normas legales vigentes de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 11 de abril de 2019.


DR. ING° RENATO F. UMERES CÁCERES
Presidente del Jurado calificador


ING° EDINSON SÁNCHEZ VELÁSQUEZ M. Sc.
Secretario del jurado calificador


ING° JOSÉ COBENA URBINA
Vocal del Jurado Calificador.

YMN.

DEDICATORIA

A las personas que me apoyaron en mi tan anhelada meta de convertirme en una profesional.

Dedicada a todos aquellos profesionales que con gran vocación desarrollan sus conocimientos en cada uno de los temas de ingeniería geológica, así mismo a aquellas personas que necesiten tener una información base en cuanto a las características hidrogeológicas en el entorno donde se ha desarrollado mi investigación.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme haber alcanzado esta primera anhelada meta.

A mi Mamá, que espiritualmente ha sido mi fortaleza de demostrar que puedo alcanzar lo que me proponga.

A mi tía Isabel, que con sus consejos me ha sabido acompañar en este camino y que siempre ha estado presente en los momentos más importantes.

A mi padre por su apoyo incondicional y sus consejos en esta etapa de mi formación profesional.

A mis hermanos Josué y David, por ser mi fortaleza para salir adelante.

A mi Asesor Ing. Miguel Mena Maza, y a los docentes del departamento de Ingeniería Geológica-UNP que con sus enseñanzas y consejos me han guiado en este camino.

CONTENIDO

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....	14
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.	14
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.....	14
1.3. Objetivos.	14
1.4. Delimitación de la Investigación.	15
II. MARCO TEORICO.	16
2.1. Antecedentes de la Investigación.	16
2.2. Bases Teóricas.....	16
2.3. Glosario de Términos Básicos.	16
2.4. Marco referencial.	17
2.5. Hipótesis.	17
III. MARCO METODOLOGICO.....	18
3.1. Enfoque y diseño.....	18
3.2. Sujetos de la investigación.	18
3.3. Métodos y Procedimientos.....	19
3.4. Técnicas e Instrumentos.	19
3.5. Aspectos éticos.	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.1. Resultados.	55
4.2. Discusión.	101
CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	105
ANEXOS	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	131

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1: Resistividad de Aguas y Rocas	33
CUADRO N° 2: Ubicación de Sondajes Coordinadas UTM	35
CUADRO N° 3: Resultados de la Interpretación de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs).....	44
CUADRO N° 4: Descripción Litológica e Hidrogeológica.....	47
CUADRO N° 5: Principales Parámetros Climatológicos de La Cuenca del Rio Piura	52
CUADRO N° 6: Inventario de Pozos y Fuentes de Agua Subterránea	54
CUADRO N° 7: Valores de Transmisividad (T) y Permeabilidad (K)	58
CUADRO N° 8: Radios de Influencia	60
CUADRO N° 9: Resultados del Análisis Físico – Químico.....	61
CUADRO N° 10: Resultados del Análisis Físico – Químico.....	62
CUADRO N° 11 Clasificación del Agua de Riego en Función de los Grados Hidrométricos Franceses	64
CUADRO N° 12: Demanda de Agua	65
CUADRO N° 13: Oferta hídrica subterránea	65
CUADRO N° 14: Balance hídrico del Pozo	65
CUADRO N° 15: Ubicación del Pozo Proyectado	70
Cuadro N° 16: Diseño Físico del Pozo Típico Proyectado	72
CUADRO N° 17: Planilla de Metrados del Pozo Tubular Tipico Preliminar	99
CUADRO N° IV-18: Cronograma de Ejecución de la Obra.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° III-1: Ubicación y Acceso del Área de Estudio.....	21
FIGURA N° III-2: Mapa Geológico de la Zona Investigada.....	23
FIGURA N° III-3: Columna Estratigráfica de la Cuenca Sechura.....	26
FIGURA N° III-5: Mapa Geomorfológico de la Zona Investigada	29
FIGURA N° III-6: Configuración Schlumberger.....	32
FIGURA N° III-7: Ubicación de Sondajes y Secciones Geofísicas.....	35
FIGURA N° III-8: Equipos de Prospección Geoelectrica	36
FIGURA N° III-9: Sección Geoelectrica A-A'	45
FIGURA N° III-10: Sección Geoelectrica B-B'	46
FIGURA N° III-11: Cuenca del Rio Piura.....	51
FIGURA N° IV-1: Dimensión del Acuífero Zapallal	56
FIGURA N° IV-2: Topografía del Terreno	67
FIGURA N° IV-3: Techos del acuífero no productivo y productivo	68
FIGURA N° IV-4: Estratos del modelo.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	107
ANEXO N° 2: PRUEBA DE BOMBEO	108
ANEXO N° 3: DIAGRAMAS DE ANALISIS QUIMICOS	112
ANEXO N° 4: DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO	114
ANEXO N° 5: TESTIMONIO FOTOGRAFICO	116
ANEXO N° 6: MAPAS	119

RESUMEN

El desarrollo del presente informe se resuelve en un análisis detallado de la información Geológica, Geomorfológica e Hidrológica de carácter regional y local, así mismo mediante la ejecución de pruebas de campo mediante métodos geofísicos que permiten interpretar las características litológicas de manera local en la zona de investigación. Todo esto con el propósito de poder determinar la existencia de fuentes de abastecimiento de agua subterránea explotables mediante obras de captación (Pozo Tubular)

La investigación se realizó en el AA. HH Nuevo Santa Rosa, jurisdicción del Distrito de Castilla, Provincia y Departamento de Piura, con el objetivo de poder solucionar el déficit de abastecimiento de agua que dificulta de desarrollo socio económico de este sector.

El reconocimiento y análisis de las geología regional y local permite sustentar la historia Geológica que ha generado la morfología actual en la zona de interés y su relación a la posible existencia de los recursos que se pretende ubicar, siendo así la cuenca sedimentaria sobre la cual se ubica nuestra zona de investigación la Cuenca Sechura, en cuanto a la carácter hidrológico e hidrogeológico se toma como principal fuente de información la Cuenca Hidrográfica del río Piura.

La información geofísica de la zona estudiada se recolecta con la ejecución de pruebas de campo a través del método de resistividad eléctrica de configuración Schlumberger mediante sondajes eléctrico verticales (SEV's).

Toda la información obtenida se sintetiza para dar como resultado en la presente las condiciones favorables para explotar recursos hídricos subterráneos a través de obras de captación.

Palabras claves:

- ❖ Cuenca Sedimentaria.
- ❖ Cuenca Hidrológica.
- ❖ Fuentes de agua subterránea.
- ❖ Hidrodinámica Subterráneas.
- ❖ Pozo Tubular.

ABSTRACT

The development of this report is solved in a detailed analysis of the Geological, Geomorphological and Hydrological information of regional and local character, likewise through the execution of field tests by means of geophysical methods that allow to interpret the lithological characteristics locally in the zone of investigation. All this with the purpose of being able to determine the existence of sources of underground water supply that can be exploited by means of collection works (Tubular Well)

The investigation was carried out in the AA. HH Nuevo Santa Rosa, jurisdiction of the District of Castilla, Province and Department of Piura, with the objective of being able to solve the deficit of water supply that hinders socio-economic development of this sector.

The recognition and analysis of regional and local geology allows us to sustain the Geological history that generated the current morphology in the area of interest and its relation to the possible existence of the resources that it is intended to locate, thus being the sedimentary basin on which The Sechura Basin is located in our research area. As regards the hydrological and hydrogeological nature, the Piura river basin is the main source of information.

The geophysical information of the studied area is collected with the execution of field tests through the electrical resistivity method of Schlumberger configuration by means of vertical electric drilling (SEV's).

All the information obtained is synthesized to give as a result the favorable conditions for exploiting underground water resources through collection works.

Keywords:

- ❖ Sedimentary Basin.
- ❖ Hydrological Basin.
- ❖ Groundwater sources.
- ❖ Subterranean hydrodynamics.
- ❖ Tubular well.

INTRODUCCION

La ocurrencia de fenómenos geológicos imprevistos ocasiona muchas veces la migración de poblaciones hacia nuevas áreas debido a que las zonas originales han sufrido destrucción, inundación, etc. Tal es el caso de muchas poblaciones del bajo Piura que como consecuencia de desbordes ocasionados en el río Piura a causa del fenómeno del niño costero, de un momento a otro han tenido que instalarse en lugares que les brinden protección momentánea. Sin embargo, las nuevas áreas de asentamiento poblacional carecen generalmente de los recursos básicos para el mantenimiento de dichas poblaciones, siendo el recurso esencial el agua, el que demanda con mayor urgencia la solución para el mantenimiento de los pobladores.

Como consecuencia de todo lo anterior se ha realizado la búsqueda o exploración del recurso hídrico subterráneo en el asentamiento humano Nuevo Santa Rosa, Distrito de Cura Morí, Provincia y Departamento de Piura.

El presente trabajo de investigación consiste en la búsqueda del agua subterránea mediante tecnologías avanzadas e interpretaciones hidrogeológicas que resultan en obras convenientes para la real satisfacción de las nuevas poblaciones.

La presente investigación se resume en tres etapas bien diferenciadas, una etapa preliminar de recopilación de información, una segunda etapa de pruebas geofísicas de campo y una tercera etapa de gabinete para la interpretación de los datos que permitan la ubicación más conveniente para la obra de captación

I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.

La escasez de recursos hídricos superficiales en las nuevas zonas que habitan los pobladores del A.H Nuevo-Santa Rosa constituyen la principal problemática para poder alcanzar un desarrollo como cualquier otra comunidad.

La exploración en búsqueda de recursos hídricos subterráneos es la principal solución a este problema para la cual es necesario realizar los estudios correspondientes en la zona de investigación.

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación.

El déficit de agua que enfrenta la población amerita la investigación en busca de recursos hídricos en el subsuelo y poder abastecer a las familias del AA. HH Nuevo Santa Rosa.

1.3. Objetivos.

Objetivo Principal:

Desarrollar detalladamente el reconocimiento de la zona de investigación a través del estudio hidrogeológico con el fin de poder concluir en la realización de una obra de Captación de agua subterránea.

Objetivos Específicos:

- Determinar el punto de mejores resultados para construir la obra de captación.

- Describir preliminarmente las capas que constituyen el subsuelo en la zona investigada y poder desarrollar un diseño preliminar de la obra de captación.
- Determinar de manera preliminar valores de Caudal.
- Determinar preliminarmente la calidad del agua.
- La obtención del título profesional de ingeniero geólogo en la universidad nacional de Piura

1.4. Delimitación de la Investigación.

La investigación se desarrollará en una zona asignada en el Asentamiento Humano Nuevo Santa Rosa, jurisdicción del Distrito de Cura Mori, Provincia y Departamento de Piura.

La presente investigación desarrollara un informe orientado a describir cada uno de los puntos necesarios de los que hay que tener conocimiento para poder concluir en los mejores resultados con el presente caso que amerita poder realizar una obra de captación de agua subterránea y poder cumplir las demandas de la población de dicho Asentamiento Humano.

II. MARCO TEORICO.

2.1. Antecedentes de la Investigación.

- ❖ Investigación hidrogeológica de exploración-explotación del acuífero del Valle del Alto Piura (1998).
- ❖ Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle medio y bajo Piura (2004).
- ❖ Obras de captación de aguas subterráneas en el valle Alto Piura: expediente Técnico.
- ❖ Obra Perforación de pozos exploratorios Sub Proyecto Alto Piura: concurso de precios.

2.2. Bases Teóricas.

- ❖ Condensación del agua marina (Aristóteles 384-322 a. de J.C.)
- ❖ La teoría de la infiltración del agua marina (Platón 427-347 a. de J.C.).
- ❖ Condensación del vapor de agua en el aire.
- ❖ Teoría de la infiltración de las precipitaciones.

2.3. Glosario de Términos Básicos.

- ❖ **Método geoelectrico**, es un método que consiste en reconstruir la distribución de la resistividad real del subsuelo a través de la inyección de corriente eléctrica.
- ❖ **Napa freática**, acumulación de agua en el subsuelo, a una profundidad relativamente pequeña de la superficie.
- ❖ **Permeabilidad**, es la capacidad que tiene un material para que sea atravesado por un fluido sin alterar su estructura interna.
- ❖ **Nivel freático**, nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general.
- ❖ **Pozo tubular**, o perforación, es una obra de captación vertical que permite la explotación de aguas contenidas en el subsuelo.

2.4. Marco referencial.

- ❖ Gobierno de la República del Perú (2009). “Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)”.
- ❖ Artículo 225 del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo 001-2010-AG
- ❖ Gobierno Regional de Piura (2010). “Expediente Técnico para la creación y conformación del Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura”.
- ❖ Ley de Recursos hídricos Ley N° 29338

2.5. Hipótesis.

Hipótesis General:

En los alrededores de la zona de investigación se tiene como principal solución al problema que enfrenta el asentamiento humano, la construcción de muy buenas obras de captación lo cual puede ser también muy favorable y para ello se realizara la investigación pertinente.

Hipótesis Especificas:

- ❖ ¿El desarrollo geológico y geomorfológico de la Cuenca es favorables para la formación de mantos acuíferos?
- ❖ ¿La explotación de recursos hídricos subterráneos representa buenos resultados regionalmente para ejecutar el presente proyecto?

III. MARCO METODOLOGICO.

3.1. Enfoque y diseño.

Enfoque:

La interpretación de resultados obtenidos en la realización de la prospección geofísica que describen valores cuantitativos y cualitativos sustenta parte de la investigación que corresponde a campo.

Diseño:

Cuantitativo: corresponde los valores de resistividad de las capas geológicas atravesadas por la corriente eléctrica emitida sobre el terreno a través de equipos a base de baterías.

Cualitativo: lo constituye la descripción de la litología y tipo de capas encontradas a la profundidad de investigación, basados en la interpretación de valores de resistividad establecidos a cada tipo de material cuando se lleva a cabo este tipo de investigación geofísica.

3.2. Sujetos de la investigación.

La directiva del A.H Nuevo Santa Rosa en conformidad con el resto de la población ha tomado la decisión de que se realice la investigación en un área prevista con el fin de poder dar solución al problema de déficit que enfrentan.

La investigación estará a cargo de quien presenta la investigación respaldada por quien la asesora.

3.3. Métodos y Procedimientos.

Recopilación de la información:

Esta referida al acopio de bibliografía geológica e hidrogeológica de la zona de investigación o sus alrededores. En este caso será necesaria la información del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico referente al levantamiento geológico nacional (carta geológica), mapas topográficos básicos de la zona de estudio a escalas convenientes y todo tipo de información técnica relacionada con la zona de investigación.

Trabajos de campo:

Referidos al desarrollo de la prospección geoelectrica en el área de investigación, levantamiento geológico de los puntos de agua en el área de trabajo y alrededores y al reconocimiento y levantamiento geológico local del área de investigación.

Etapas de gabinete:

Se desarrolla mediante la consolidación de toda la información, así como el procesamiento e interpretación de los datos de campo (sondajes eléctricos verticales de configuración Schlumberger y prueba de rendimiento del acuífero), elaboración del informe final, así como de los anexos necesarios para consolidar la investigación.

3.4. Técnicas e Instrumentos.

UBICACIÓN Y ACCESO.

El área determinada para el estudio se ubica en el límite del Distrito de Catacaos y Cura Mori, Provincia de Piura, Departamento de Piura.

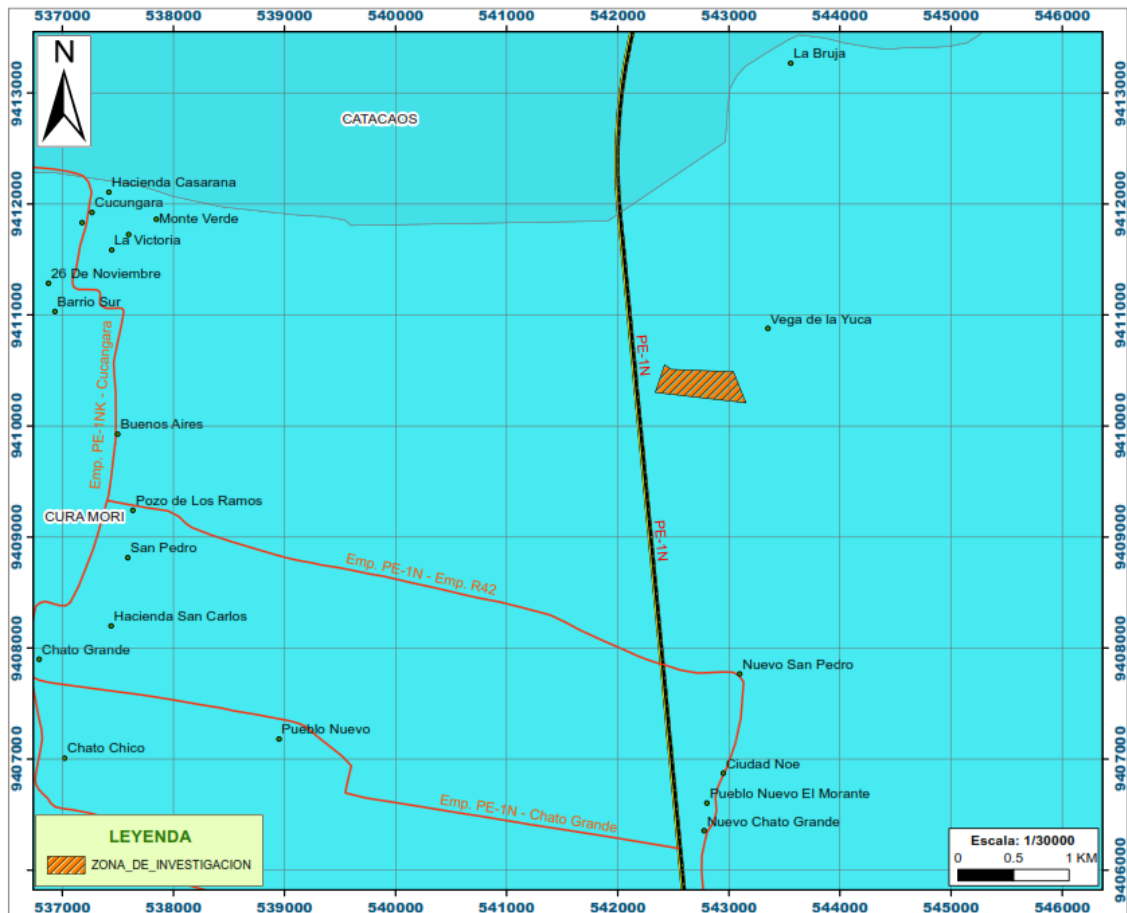
Geográficamente, el Distrito de Catacaos Limita por el norte con los distritos de Piura y Castilla; por el sur con los distritos de La Arena y Cura Mori; por el este con la provincia de Morropón; y, por el oeste con la Provincia de Paita. Tiene una altitud media de 25.00 m.s.n.m.; siendo sus coordenadas geográficas, 5°15'55" de latitud sur y 80°40'30" de longitud oeste. Cuenta con una superficie

de 2565,78 Km², una población promedio de 54 171 y una densidad poblacional de 21,11 Hab/Km².

El Distrito de Cura Mori limita por el norte y este con el Distrito de Catacaos; por el sur con Distrito de El Tallán; y, por el oeste con el Distrito de La Arena. Tiene una altitud media de 28.00 m.s.n.m.; siendo sus coordenadas geográficas, 5°19'15'' de latitud sur y 80° 39' 45'' de longitud oeste. Cuenta con una superficie de 185.00 Km², una población promedio de 16 923 y una densidad poblacional de 85,62 Hab/Km².

La zona de investigación se ubica en los Predios “Vega de la Yuca y Basilio Santa” A.H Pueblo Nuevo Santa Rosa, Jurisdicción del Distrito de Cura Morí, Provincia de Piura. A dicha zona se llega a través de la Carretera Panamericana Norte, tramo Piura Chiclayo, en dirección Nor - Oeste y Sur – Este, aproximadamente en el Km 979, luego un desvío hacia la izquierda por un camino carrozable hasta la zona de investigación, en dirección W a E.

FIGURA N° III-1: Ubicación y Acceso del Área de Estudio



Fuente: Geocatmin.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOMORFOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO.

GEOLOGIA REGIONAL DEL ÁREA DEL ESTUDIO

Las características geológicas se describen en función al ámbito regional, debido a que el área se encuentra totalmente cubierta por depósitos eólicos

❖ FORMACIONES PALEOZOICO.

Conformadas predominantemente por cuarcitas gris oscuras, mostrando re cristalización con segregación de cuarzo lechoso. Entre los estratos de cuarcitas se intercalan niveles de filitas lustrosas, gris blanquecinas y pizarras negras que alcanzan en algunos. Sus materiales constituyen hasta la

profundidad del basamento rocoso del estudio. Dentro del Paleozoico encontramos la formación “Rio Seco”

❖ FORMACIONES DEL CENOZOICO TERCIARIO –MIOCENO (Ks)

Esta formación es de mayor potencia y extensión en el desierto de Sechura, comprendida dentro de la cuenca Sechura. Se caracteriza por su enriquecimiento en fosfatos, las cuales se encuentran en capas. En la parte inferior consiste en capas de fosfatos intercalados con diatomitas fosfóricas, en la parte superior se encuentra con mucha facilidad areniscas oquerosas de grano fino a medio, además se sobrepone una capa fosfórica de grano fino.

Están conformando horizontes con características litológicas que le dan importancia como acuíferos, constituyendo posiblemente el acuífero principal del área investigada dentro de la “Formación Zapallal”

GEOLOGIA LOCAL DEL AREA DEL ESTUDIO

❖ FORMACIONES DEL CUATERNARIO PLEISTOCENICO (Qpm)

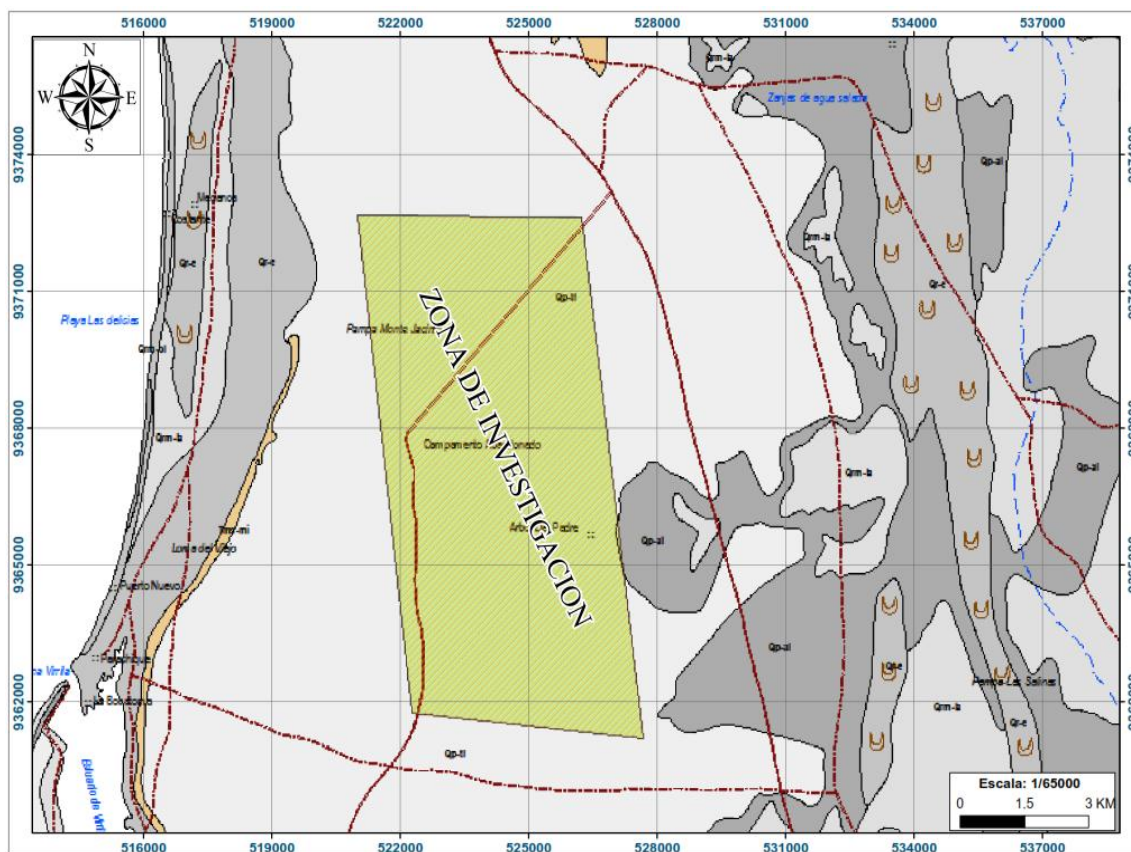
Constituyen tablazos y terrazas. Se presentan en los sectores Nor Este y sur oeste de la cuenca. Están conformados por coquinas, conglomerados y lumaquelas.

❖ DEPOSITOS CUATERNARIOS RECIENTES: (Qc)

Son depósitos constituidos por arenas eólicas de poco espesor (1 a 2m) y conglomerados decrecen en tamaño, desde las partes altas hasta la desembocadura donde el predominio es de arenas y limos, que se encuentran cubriendo las formaciones terciarias.

Están constituyendo el relleno actual de las actuales causas, por donde discurren las corrientes fluviales.

FIGURA N° III-2: Mapa Geológico de la Zona Investigada



Fuente: Geocatmin.

ESTRATIGRAFIA TEORICA

Dentro del marco teórico, es necesario hablar sobre estratigrafía, ya que esta nos permitirá interpretar los procesos registrados y describir algunas series de terrenos que se encuentran dentro del área de estudio, las cuales tenemos las siguientes características lito-estratigráficas:

CARACTERISTICAS LITOESTRATIGRAFICAS.

En la zona de estudio se identifican depósitos sedimentarios cuya estratigrafía abarca cronológicamente desde el Terciario superior hasta el Cuaternario reciente.

❖ **Formación Miramar (Tms-mi).**

La denominación fue tomada de la localidad de Miramar, ubicada a 16 Km. al noreste de Sechura, desde donde se extiende por toda el área de estudio.

El contacto inferior es una marcada discordancia erosional generalmente con el miembro superior de la formación Zapallal, pero en los acantilados marinos yace sobre las formaciones Chira o Montera. Subyace con igual relación a los tablazos, pero en el flanco oeste de la pampa Yapato y extremo sur de la Depresión Salina Grande está cubierto discordantemente por la formación Hornillos, del Plioceno.

Constituido por conglomerados poco consolidados con matriz arenosa e intercalada con lentes de arena; hacia la parte superior se encuentran areniscas escasamente cementados en estratos delgados, friables y con laminación cruzada. Lateralmente se interdigitan con areniscas amarillentas y lodolitas.

❖ **Formación Zapallal Superior - Terciario Mioceno (Ts-Za)**

Se encuentra por debajo de los sedimentos eólicos, en la zona no se encuentran grandes afloramientos que sobresalgan en la llanura, pero es posible apreciar algunos de sus estratos en el corte casi vertical que ha originado por el discurrir de las aguas del Río Piura (inmediatamente al Sur de las compuertas de la Represa Los Ejidos), donde han quedado expuestas capas casi horizontales del miembro superior de esta formación (véase el Panel fotográfico) que está constituida por tres miembros.

El afloramiento alcanza aproximadamente 12 m de altura, la litología predominante es de capas de areniscas de grano fino a medio poco consolidadas, intercaladas con láminas de arcillas. En general presenta un color amarillento a marrón que le da un aspecto oxidado.

Hacia la base o piso de la parte aflorante, se observa capas con coloración gris, son arenisca de grano grueso muy bien cementadas y al parecer nodulares, como lo indicarían las oquedades existentes; así mismo en esta parte son notorias las acumulaciones e impregnaciones de sal en los estratos.

Desde el punto de vista hidrogeológico, esta formación y en especial su miembro superior, es de suma importancia debido a que constituye el reservorio del acuífero del Medio y Bajo Piura.

❖ **Depósitos Eólicos – Cuaternario (Qr-e).**

Depósitos Eólicos Antiguos.

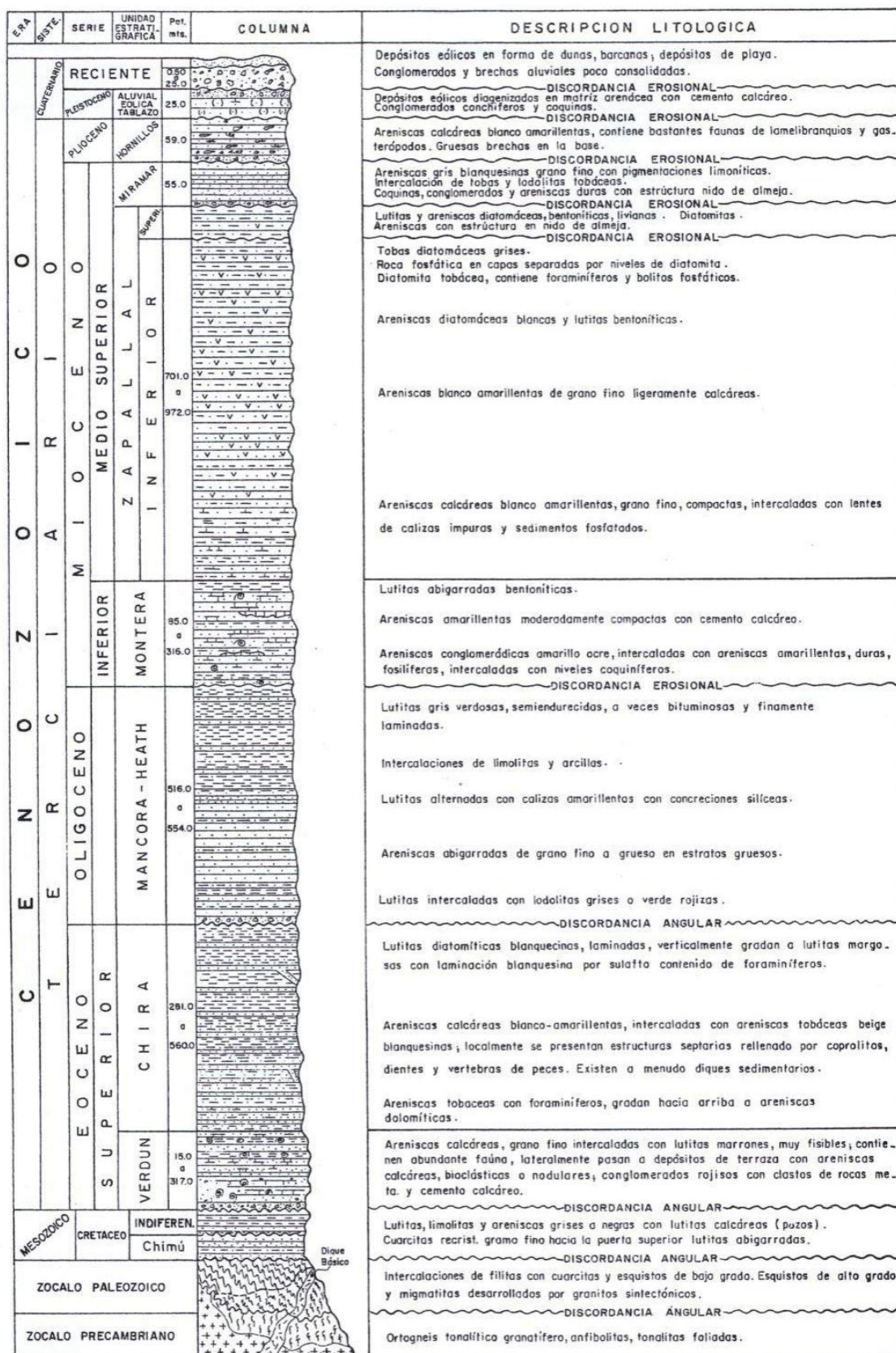
Se encuentran en las partes altas a ambos lados de los valles y consisten de una mezcla de cantos rodados y arena gruesa en bancos gruesos, densos, con incipiente estratificación y presencia de niveles lenticulares de arena. Presentan cierta estabilidad en los cortes naturales producidos por erosión fluvial.

Depósitos Eólicos Recientes

Están constituyendo barcanes en movimiento, dunas gigantes o mantos delgados de arena.

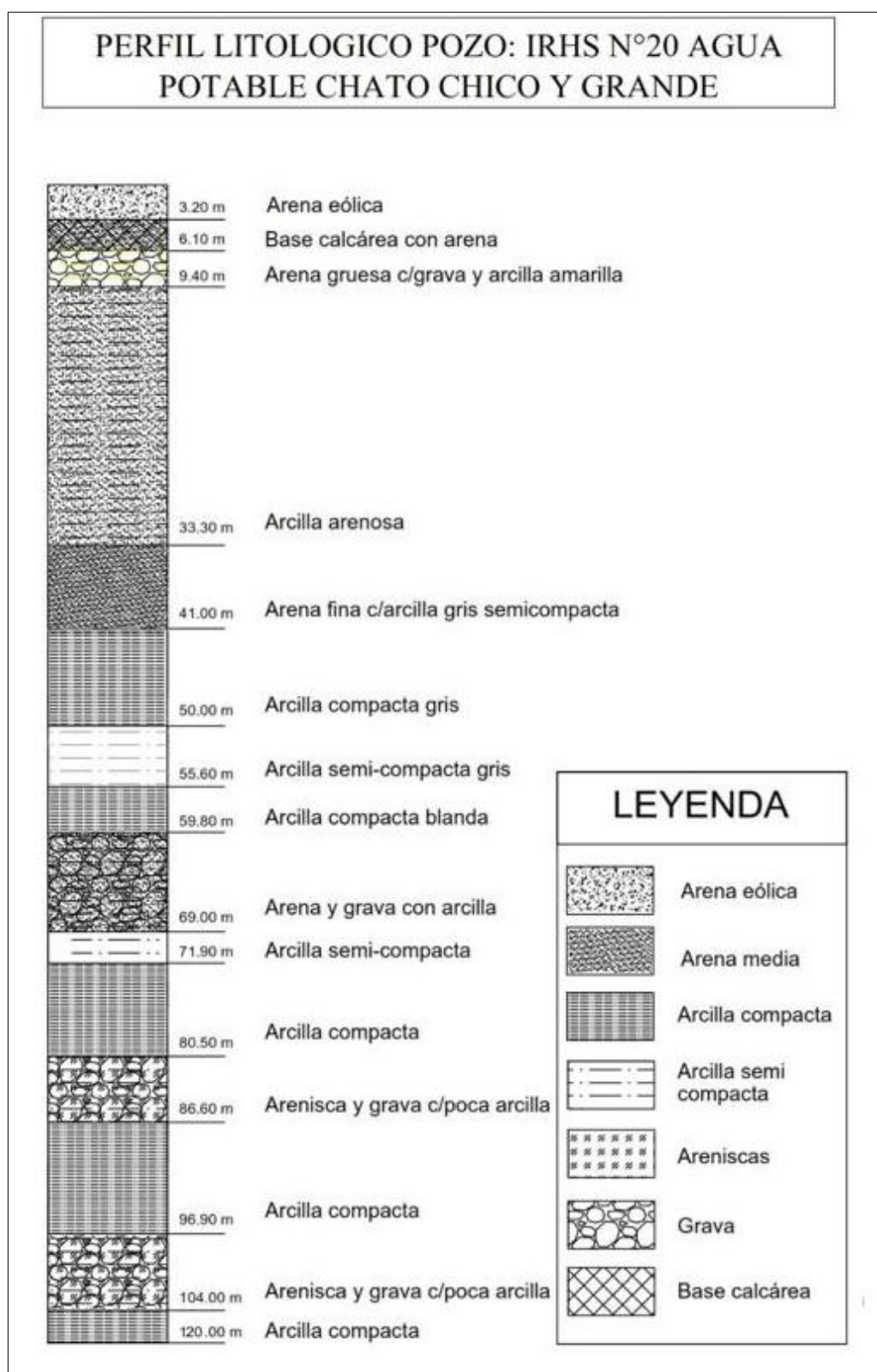
Están conformados por una mezcla de arena, guijarros y bolonería de variados tipos litológicos, los cuales conforman los lechos actuales de los ríos. Son fácilmente disgregables y escasamente densos; en gran parte, la parte superior de estos depósitos está tapizado por una capa de material limo arcilloso producto de los flujos de lodo que caracteriza a todo proceso aluvional, la cual es aprovechada para la agricultura.

FIGURA N° III-3: Columna Estratigráfica de la Cuenca Secura.



Fuente: Ingemmet

FIGURA N° III-4: Columna Estratigráfica Local en relación al Pozo más cercano de la Zona de Estudio



Fuente: Proyecto Agua Potable Chato Chico – Piura.

GEOMORFOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Los depósitos sedimentarios que constituyen el acuífero se ubican en la cuenca de erosión del terciario que se orienta en dirección noreste-suroeste. Esta gran cuenca se encuentra interceptada por los ríos Chira y Piura, los cuales constituyen los principales elementos de recarga del acuífero.

❖ TERRAZA ALUVIAL

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por su baja pendiente y su cobertura superficial de depósitos aluviales recientes. Esta unidad fue formada por acción directa de las olas marinas que configuraron dichas geoformas por abrasión directa de la antigua terraza, formándose en consecuencia una terraza antigua y otra reciente.

❖ LLANURA ALUVIAL O CAUCE INUNDABLE

Esta unidad se encuentra desarrollada en la cuenca de Sechura. Presenta pendiente muy baja de 1 o a 2°, con arbustos algo espaciados de algarrobo. Durante el fenómeno del niño es posible que en esta unidad, se concentre escorrentía superficial; sin embargo no representa ningún riesgo para el área de estudio, debido a que se encuentran separados por una distancia considerable y por una terraza o acantilado del basamento paleozoico variable.

Existen otras formas, como son los cauces avulsos o abandonados, lóbulos de derrames, lagunas efímeros o terraplenes de agradación. La velocidad de acumulación de los aluviones en ambas llanuras aluviales es alta debido al gran transporte de las partes altas de las cuencas montañosas.

❖ MANTOS DE ARENA

Esta unidad está constituida por arenas eólicas del cuaternario, que intervienen en la disponibilidad de grandes volúmenes con vastas

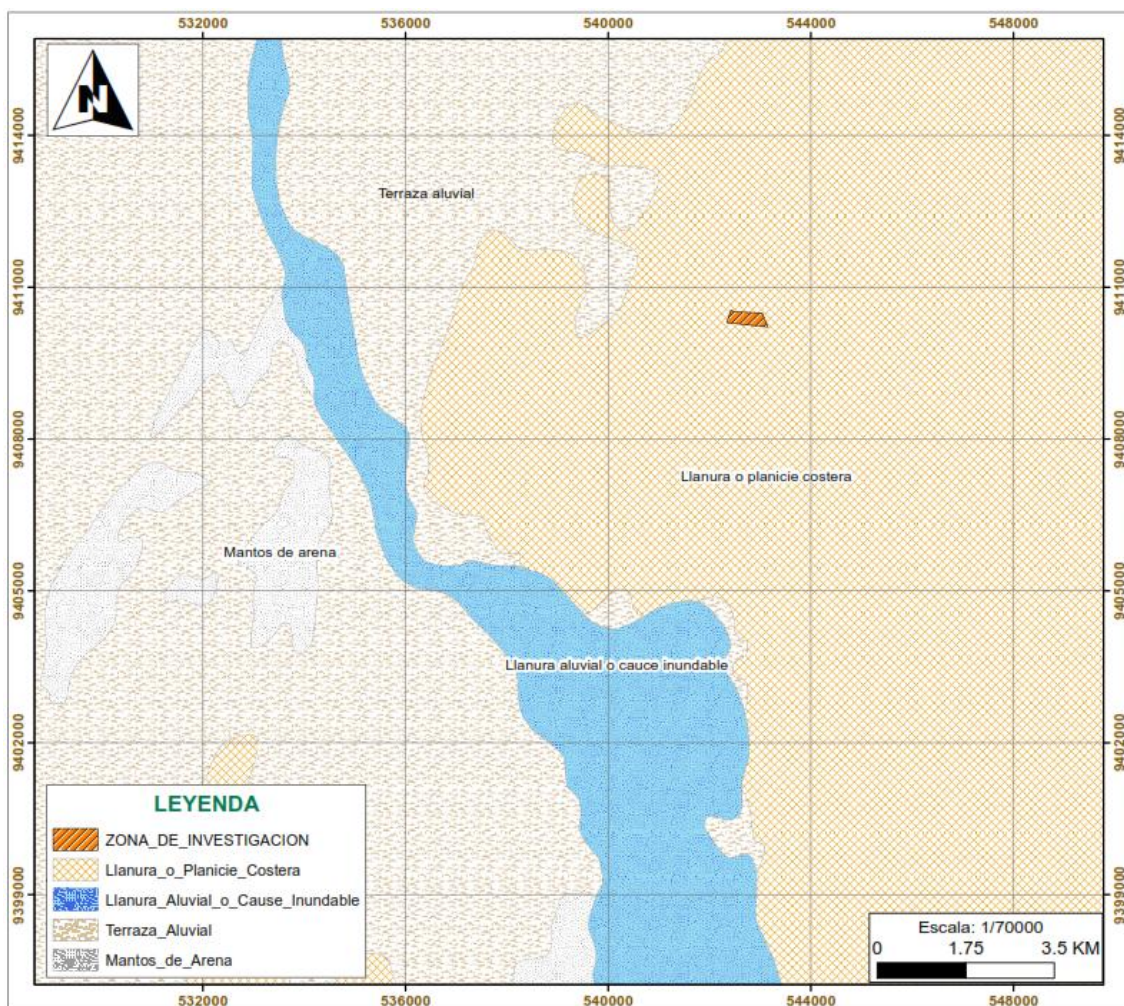
extensiones horizontales de estas mismas, sin presencia de dunas, además de las condiciones climáticas, una importante energía del viento y una topografía adecuada.

GEOMORFOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

❖ LLANURA O PLANICIE COSTERA

Esta llanura costera es una prolongación del continente, y mayormente son producto de aluviones sedimentados por la acción de los ríos, en este caso por el Río Piura (en ocasiones pueden incluso haber sido causados en parte por la acción del hombre -antrópica).

FIGURA N° III-4: Mapa Geomorfológico de la Zona Investigada



Fuente: Geocatmin

EXPLORACION GEOFISICA.

La elección del emplazamiento de los pozos suele plantear problemas que, en la mayoría de los casos, los métodos geofísicos de exploración superficial ayudan a resolver.

La prospección geofísica estudia las variaciones del campo eléctrico o electromagnético cuando se hace pasar una corriente eléctrica en el suelo.

Para cumplir con los objetivos del presente estudio se planteó un total de 06 sondeos eléctrico verticales ubicados en el AA. HH “**NUEVO SANTA ROSA**”.

La prospección geofísica mediante sondajes eléctricos verticales (SEVs) tiene los siguientes objetivos:

- ❖ Determinar las diferentes capas del subsuelo, en función de sus valores de resistividad eléctrica.
- ❖ Determinación del nivel freático en primera aproximación.
- ❖ Evaluación cualitativa de la calidad del agua subterránea.

Entre los puntos explorados, si el caso lo amerita definir el o los punto con mejores condiciones hidrogeológicas para la perforación de pozos tubulares, estableciéndose sus condiciones o características constructivas generales con miras a conseguir obras de captación estabilizadas, con mínima pérdida de carga en el ingreso del agua a los pozos y sin arrastre de arena.

METODOLOGÍA EMPLEADA.

El método geofísico empleado por el presente estudio es el método de Prospección Geoeléctrica, mediante sondajes eléctricos verticales, de configuración Schlumberger.

La profundidad de exploración ha sido hasta los 150.00 m.

El Sondaje Eléctrico vertical (SEV), permite conocer a partir de la superficie del terreno, la distribución de las distintas capas geoeléctricas en profundidad. Es decir, permite determinar los valores de resistividad de cada capa y su espesor correspondiente.

En el SEV se introduce corriente continua al terreno mediante un par de electrodos, llamados de corriente A y B, y se mide la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico así formado, entre otro par de electrodos, llamados electrodos de recepción o de potencial M y N. Se calcula la resistividad aparente (ρ_a) en cada medición según:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

Donde:

ρ_a = Resistividad aparente, ohm-m

ΔV = Diferencia de potencial entre los electrodos M, N, mV.

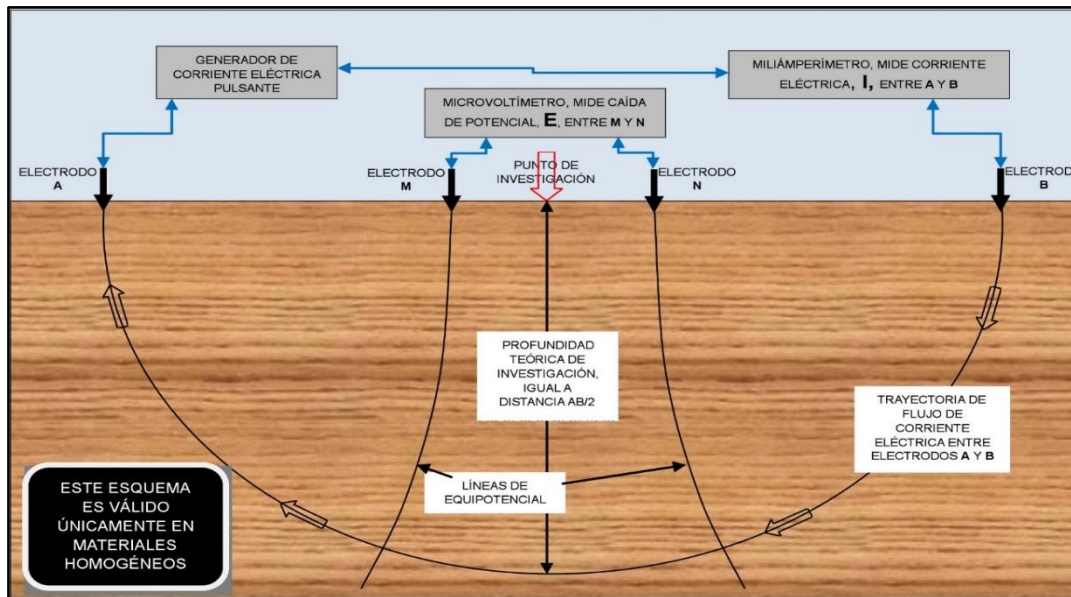
I = Intensidad de corriente introducida en el terreno, ma.

K = Constante geométrica que depende de la distribución de electrodos.

Existen diferentes dispositivos de electrodos, entre ellos el más usado es el Dispositivo Schlumberger en donde los electrodos de medición o corriente M y N permanecen fijos y solamente se aumenta la distancia entre ellos cuando la señal medida es muy baja. En este dispositivo se cumple que la distancia entre A y B sea mayor o igual a tres veces la distancia entre los electrodos M y N.

Esta operación se hace para una serie de separaciones de los electrodos A y B de corriente con la finalidad de profundizar la investigación. Entre la separación AB y la profundidad alcanzada existe una relación que varía de acuerdo al tipo de material investigado.

FIGURA N° III-5: Configuración Schlumberger



Fuente: **Geofísica aplicada a la Hidrogeología. ASTIER, Jean Louis.**

Los valores de resistividad aparente y las distancias AB se plotean en coordenadas bilogarítmicas, obteniéndose un gráfico denominada Curva de Resistividades Aparentes ρ_a que representa en sus diferentes segmentos las diversas capas del subsuelo. Solamente en el caso ideal de que el medio sea homogéneo e isótropo, la curva ρ_a sería una recta paralela al eje de las abscisas (distancias AB/2).

La curva ρ_a es la expresión de la estructura del subsuelo y su interpretación consiste en determinar las resistividades verdaderas de las capas correspondiente espesores. Estos cálculos se pueden hacer con ayuda de curvas teóricas (ábacos) o usando programas de cómputo especiales.

Sin embargo, no hay una interpretación única de una curva ρ_a , presentándose ciertas alternativas igualmente probables de ser las correctas. Además, se presentan otras limitaciones del método, como, por ejemplo, que en la naturaleza no se presentan las condiciones ideales para las cuales se ha ideado el método, tales como: capas homogéneas e isótropas, con separaciones planas y paralelas, etc. Ello hace que los resultados obtenidos presenten un margen de error que podría llegar normalmente entre $\pm 10\%$ y $\pm 15\%$. En el cuadro N° 2 se muestra los valores típicos de resistividades de algunos medios y rocas.

CUADRO N° 1: Resistividad de Aguas y Rocas

Tipos de Agua y Roca	Resistividad, Ohm-m
Agua de mar	0,2
Agua de acuíferos aluviales	10 – 30
Agua de manantiales	50 – 100
Arenas y gravas secas	1 000 – 10 000
Arenas y gravas con agua dulce	50 – 500
Arenas y gravas con agua salada	0,5 – 5
Arcillas	2 – 20
Margas	20 – 100
Calizas	300 – 10 000
Areniscas arcillosas	50 – 300
Areniscas cuarcíticas	300 – 10 000
Cineritas, tobas volcánicas	20 – 100
Lavas	300 – 10 000
Esquistos grafitosos.	0,5 – 5
Esquistos arcillosos o alterados.	100 – 300
Esquistos sanos	300 – 3 000
Gneis, granito alterados	100 – 1 000
Gneis, granito sano	1 000 – 10 000

Según: Geofísica aplicada a la Hidrogeología. ASTIER, Jean Louis. – Editorial Paraninfo. - Madrid - España.

Para la presente investigación se han ejecutado 06 sondajes cuyas coordenadas UTM se muestran en el cuadro de Ubicación de sondajes coordenadas UTM y su interpretación es materia del presente estudio. El procesamiento de los datos de campo se realiza mediante el método de analogía y comparación con curvas teóricas establecidas.

A partir de los valores de resistividad reales y de los espesores de cada horizonte geoelectrico se ha hecho una estimación sobre la columna estratigráfica y las posibilidades hidrogeológicas de las diferentes capas del subsuelo.

LIMITACIONES DEL MÉTODO.

Este método es sensible a las perturbaciones eléctricas, lo cual influye en la efectividad de las interpretaciones.

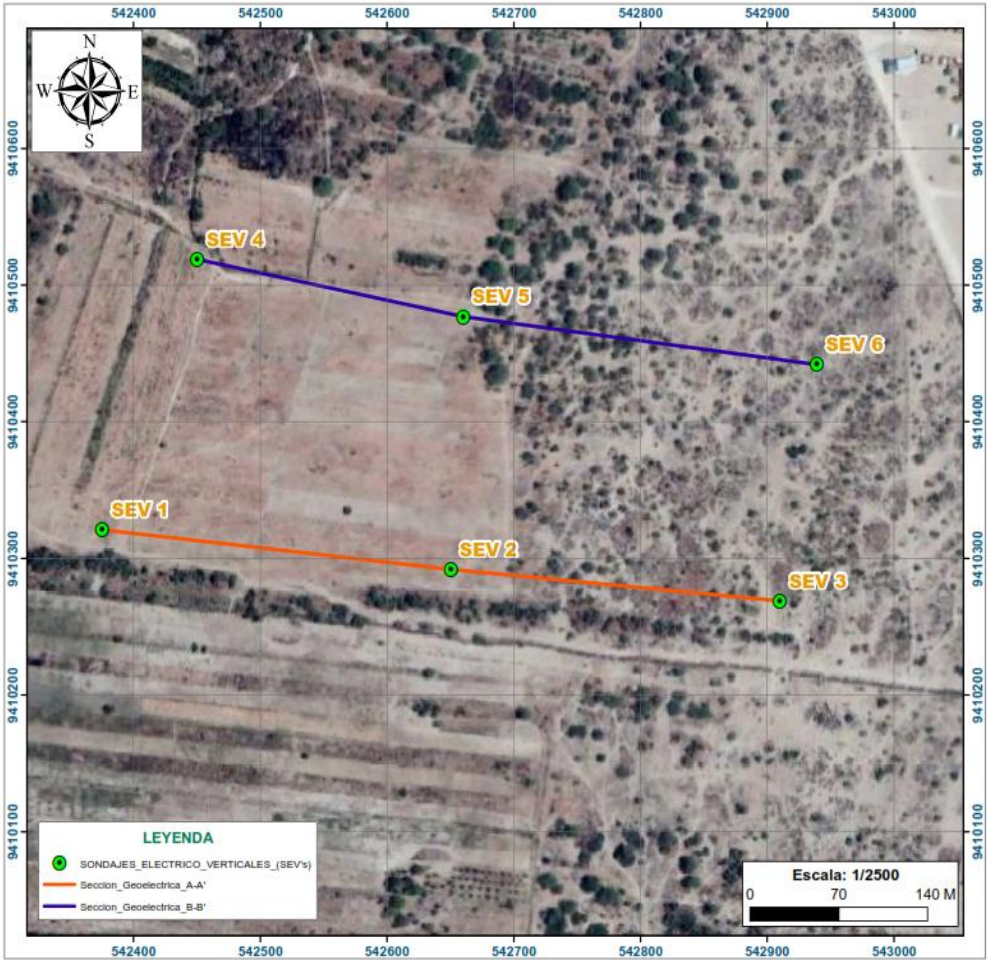
Independientemente de la interpretación del modelo usado, la determinación de la profundidad del nivel del agua podría ser definida por el contraste de resistividades eléctricas en la cual podría haber influido la presencia del tipo de agua dulce. Además, ha influido la presencia de varios factores.

- En ciertas estaciones los contrastes de resistividad eléctrica podrían reflejar cambios en la composición del material del suelo y no cambios en el grado de saturación.
- Los cambios en la resistividad eléctrica podrán reflejar un incremento en la mezcla del suelo y/o de la calidad del tipo de agua, etc.
- Otra posibilidad es que la zona capilar sobre el nivel del agua podría ser causa de un contraste que indique un nivel de agua más alto que el nivel real; debido a que el espesor de la zona capilar dependa de la litología, la química del agua y condiciones atmosféricas que influyen en los cambios de las resistividades lo que reflejaría los límites entre el suelo parcialmente saturado y el techo de la zona capilar.

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES.

La ubicación de las estaciones se hizo en coordinación con la persona encargada del proyecto. Esta ubicación ha sido ploteada en la siguiente figura.

FIGURA N° III-6: Ubicación de Sondajes y Secciones Geofísicas



Fuente: Elaboración Propia.

CUADRO N° 2: Ubicación de Sondajes Coordenadas UTM

GPS – GARMIN		DATUM UTM WGS 84	
SEV N°	ESTE (m)	NORTE(m)	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	542375	9410321	20.00
2	542650	9410292	24.00
3	542910	9410269	22.00
4	542450	9410519	21.00
5	542660	9410477	23.00
6	542939	9410442	24.00

Fuente: Elaboración Propia.

INSTRUMENTAL Y EQUIPOS UTILIZADOS.

En la realización de los Sondajes Eléctrico – Verticales y para el procesamiento e interpretación de los mismos se han utilizado los siguientes instrumentos y equipos:

- Equipo incorporado de milivoltímetro y miliamperímetro Digitales.
- Fuente de energía conformada por baterías P100-NX (12V DC).
- Cables y electrodos.
- Estacas de acero inoxidable y cobre
- GPS Garmin de 12 canales.
- Cartografía del INGEMMET.
- Libretas de campo.
- Wincha.
- Computadora Toshiba Core I7.
- Cámara fotográfica de 16 mpx.
- Vehículo de transporte.

FIGURA N° III-7: Equipos de Prospección Geoeléctrica



Fuente: Exploración Geofísica equipos Passi

ANÁLISIS Y RESULTADOS.

Valoración Cuantitativa:

En base al procesamiento y la interpretación de las curvas de resistividades aparentes se han establecido los siguientes parámetros para cada uno de los sondeos:

- a) Número de capas geoelectricas.
- b) Resistividad real por capa geoelectrica, en ohm-m.
- c) Espesor de cada capa, en m.

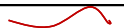

En el Cuadro de resultados de la interpretación de los sondeos eléctrico verticales se muestran los valores de la interpretación de las curvas de resistividades aparentes obtenidos en los 06 puntos investigados. Se han determinado las resistividades reales y el espesor aproximado de cada una de las capas del subsuelo y en base a estos dos parámetros se ha definido la naturaleza de los diferentes materiales geológicos y cualitativamente su permeabilidad, su resistencia transversal y la salinidad del agua subterránea.

- d) Se observa que los resultados difieren considerablemente en los 06 puntos investigados. En las figuras 03 y 04 se presentan las secciones geoelectricas A-A' y B-B', que muestran las estructuras de los acuíferos en los diferentes puntos de investigación. En las secciones geoelectricas se observa claramente la correlación estratigráfica.

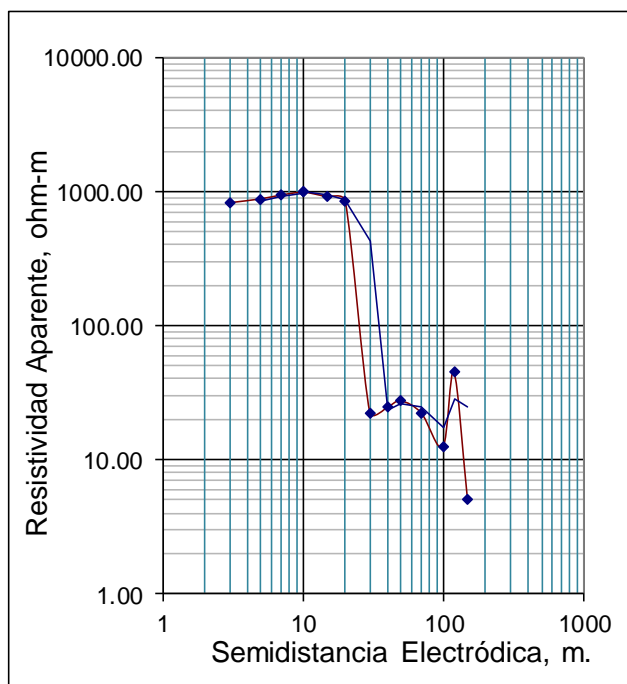
Curvas de resistividad:

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
 LOCALIDAD : PREDIOS "VEGA DE LA YUCA Y BASILIO SANTA"
 DISTRITO : CURA MORI
 PROVINCIA : PIURA
 DEPARTAMENTO : PIURA
 SEV : Nº 1
 OPERADOR : ING. M.MENA
 FECHA DE EJECUCIÓN: OCTUBRE DEL 2018



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	819.40
2	5	2	3.77	875.90
3	7	2	7.54	936.50
4	10	2	15.55	989.90
5	10	5	5.89	990.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	905.30
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	841.60
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	22.50
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	24.70
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	27.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	22.40
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	12.50
20	120	20	352	
21	120	20	352	44.90
22	150	20	352	
23	150	80	82.4	5.10

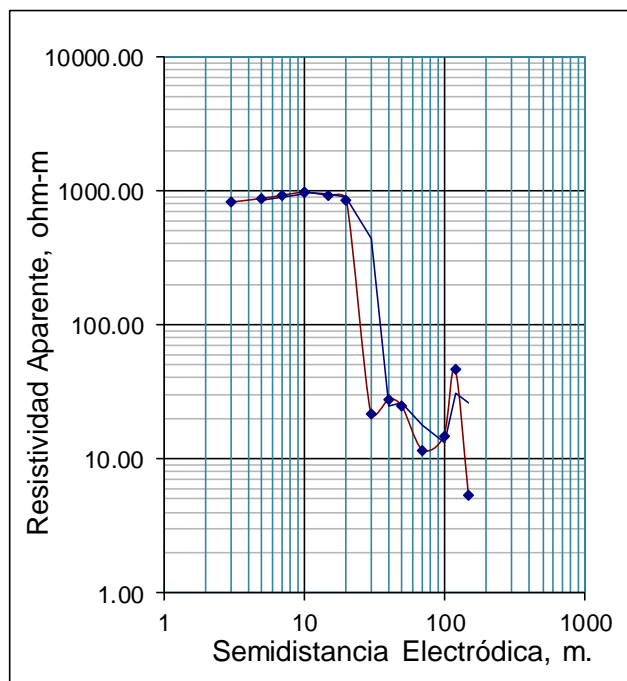


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : PREDIOS "VEGA DE LA YUCA Y BASILIO SANTA"
DISTRITO : CURA MORI
PROVINCIA : PIURA
DEPARTAMENTO : PIURA
SEV : Nº 2
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: OCTUBRE DEL 2018



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P ($\Omega.u$)
1	3	2	1.26	814.20
2	5	2	3.77	868.50
3	7	2	7.54	917.60
4	10	2	15.55	974.80
5	10	5	5.89	975.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	910.40
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	851.30
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	21.60
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	27.80
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	24.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	11.60
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	14.80
20	120	20	352	
21	120	20	352	46.80
22	150	20	352	
23	150	80	82.4	5.30

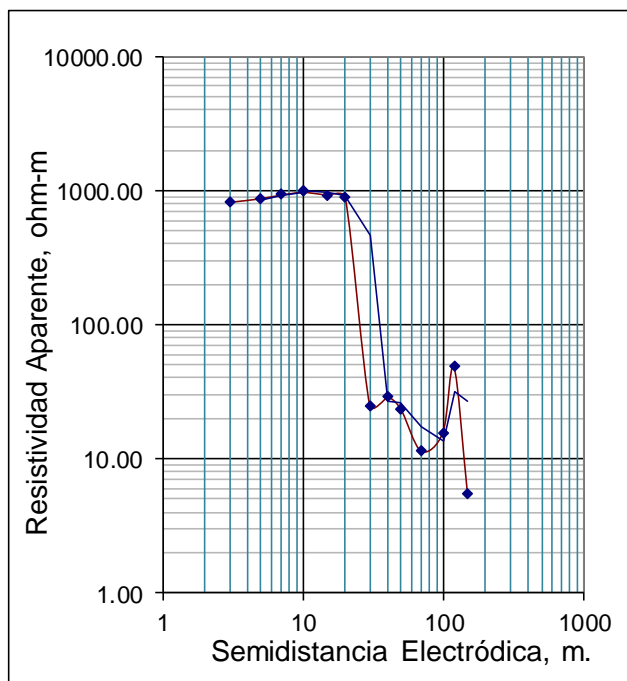


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : PREDIOS "VEGA DE LA YUCA Y BASILIO SANTA"
DISTRITO : CURA MORI
PROVINCIA : PIURA
DEPARTAMENTO : PIURA
SEV : Nº 3
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: OCTUBRE DEL 2018



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	823.00
2	5	2	3.77	875.90
3	7	2	7.54	933.80
4	10	2	15.55	982.40
5	10	5	5.89	982.50
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	929.60
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	889.50
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	24.90
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	28.80
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	23.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	11.40
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	15.70
20	120	20	352	
21	120	20	352	48.50
22	150	20	352	
23	150	80	82.4	5.50

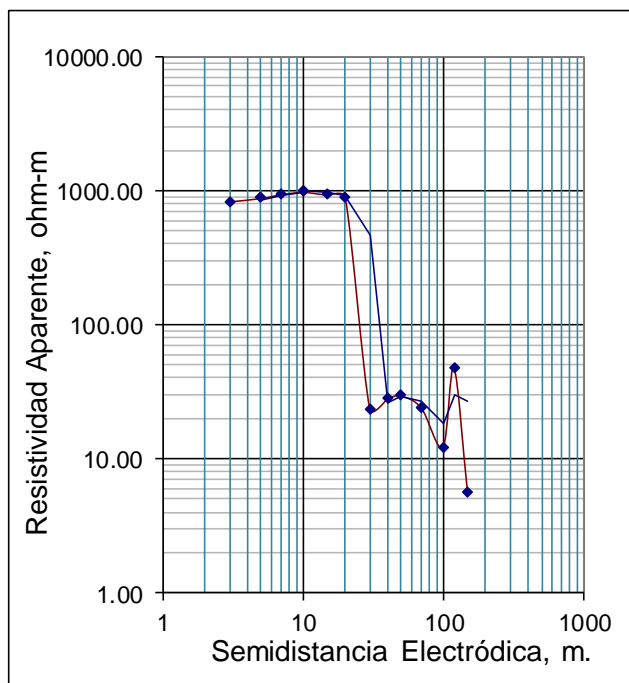


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : PREDIOS "VEGA DE LA YUCA Y BASILIO SANTA"
DISTRITO : CURA MORI
PROVINCIA : PIURA
DEPARTAMENTO : PIURA
SEV : Nº 4
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: OCTUBRE DEL 2018



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	831.40
2	5	2	3.77	880.50
3	7	2	7.54	941.30
4	10	2	15.55	984.90
5	10	5	5.89	985.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	930.10
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	891.90
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	23.70
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	28.10
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	29.60
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	24.20
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	12.30
20	120	20	352	
21	120	20	352	48.00
22	150	20	352	
23	150	80	82.4	5.70

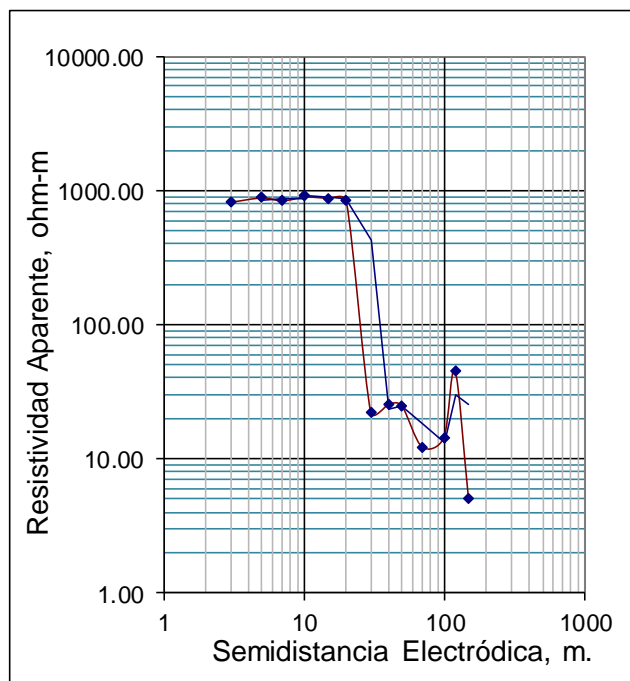


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : PREDIOS "VEGA DE LA YUCA Y BASILIO SANTA"
DISTRITO : CURA MORI
PROVINCIA : PIURA
DEPARTAMENTO : PIURA
SEV : Nº 5
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: OCTUBRE DEL 2018



LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P ($\Omega.u$)
1	3	2	1.26	822.30
2	5	2	3.77	884.60
3	7	2	7.54	841.70
4	10	2	15.55	904.80
5	10	5	5.89	905.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	877.30
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	840.50
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	21.90
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	25.40
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	24.60
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.10
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	14.30
20	120	20	352	
21	120	20	352	45.50
22	150	20	352	
23	150	80	82.4	5.00

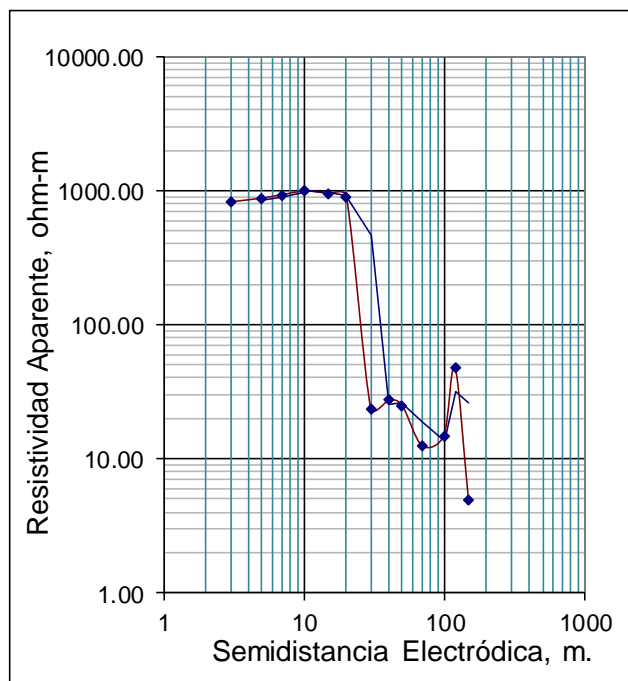


PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : PREDIOS "VEGA DE LA YUCA Y BASILIO SANTA"
DISTRITO : CURA MORI
PROVINCIA : PIURA
DEPARTAMENTO : PIURA
SEV : Nº 6
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: OCTUBRE DEL 2018

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

Nº Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	816.80
2	5	2	3.77	871.10
3	7	2	7.54	925.90
4	10	2	15.55	988.80
5	10	5	5.89	999.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	938.60
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	898.40
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	23.50
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	27.30
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	25.10
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.40
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	14.90
20	120	20	352	
21	120	20	352	47.70
22	150	20	352	
23	150	80	82.4	4.90



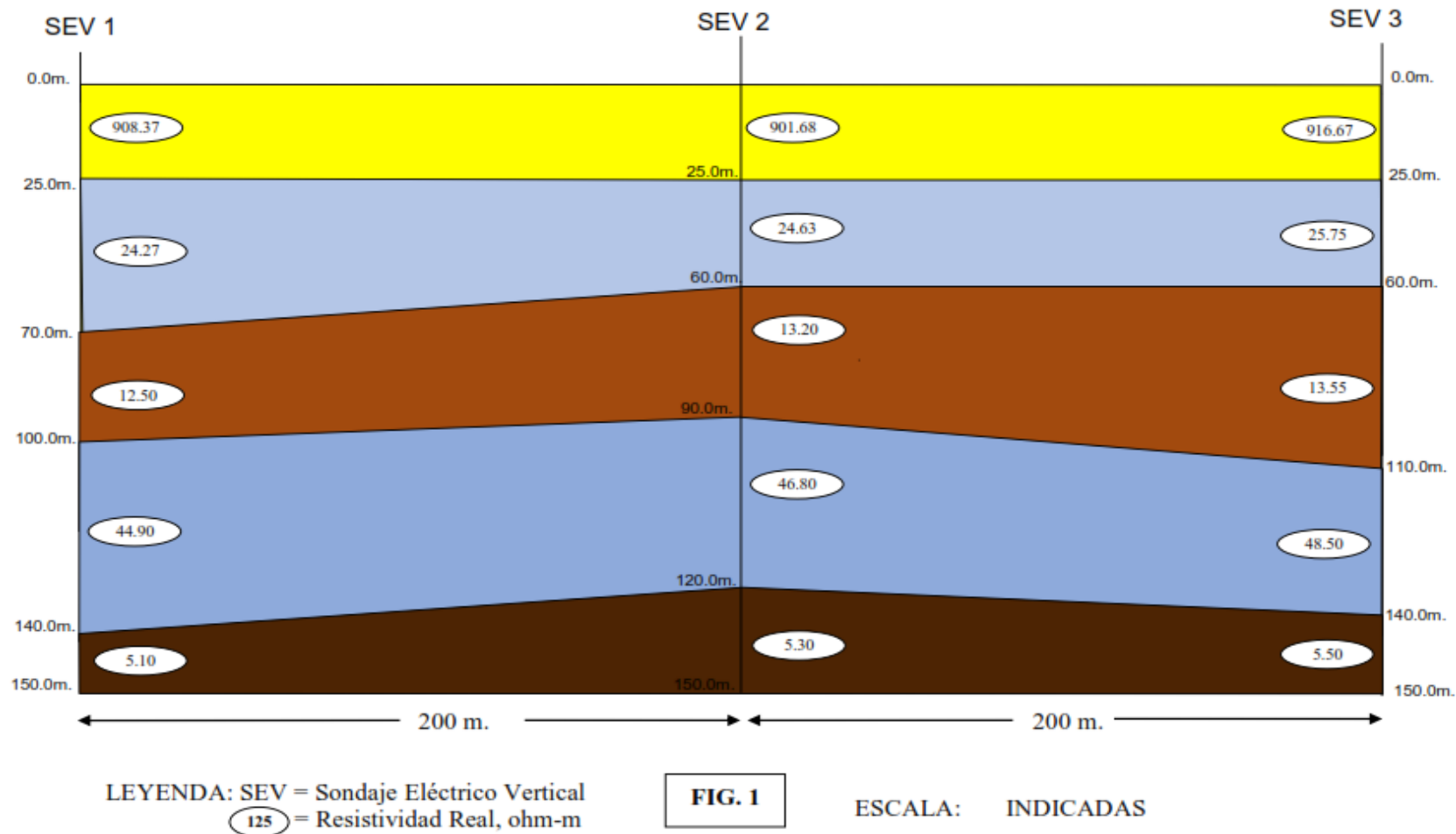
CUADRO N° 3: Resultados de la Interpretación de los Sondajes Eléctricos Verticales (SEVs)

N° SEV	PARÁMETROS	CAPAS GEOELÉCTRICAS				
		1	2	3	4	5
1	ρ (Ohm-m)	908.37	24.27	12.50	44.90	5.10
	H (m)	25.00	45.00	30.00	40.00	10.00
	D (m)	25.00	70.00	100.00	140.00	150.00
2	ρ (Ohm-m)	901.68	24.63	13.20	46.80	5.30
	H (m)	25.00	35.00	30.00	30.00	30.00
	D (m)	25.00	60.00	90.00	120.00	150.00
3	ρ (Ohm-m)	916.67	25.73	13.55	48.50	5.50
	H (m)	25.00	35.00	50.00	30.00	10.00
	D (m)	25.00	60.00	110.00	140.00	150.00
4	ρ (Ohm-m)	920.72	26.40	12.30	48.00	5.70
	H (m)	25.00	45.00	30.00	40.00	10.00
	D (m)	25.00	70.00	100.00	140.00	150.00
5	ρ (Ohm-m)	867.97	23.96	13.20	45.50	5.00
	H (m)	25.00	25.00	40.00	35.00	25.00
	D (m)	25.00	50.00	90.00	125.00	150.00
6	ρ (Ohm-m)	919.80	25.90	13.55	47.70	4.90
	H (m)	25.00	35.00	40.00	30.00	20.00
	D (m)	25.00	60.00	100.00	130.00	150.00
<p>ρ = Resistividad en ohm-m.</p> <p>H = Espesor de la capa, en m.</p> <p>D = Profundidad de la Capa, en m.</p>						

Fuente: Resultado de Prospección Geoeléctrica

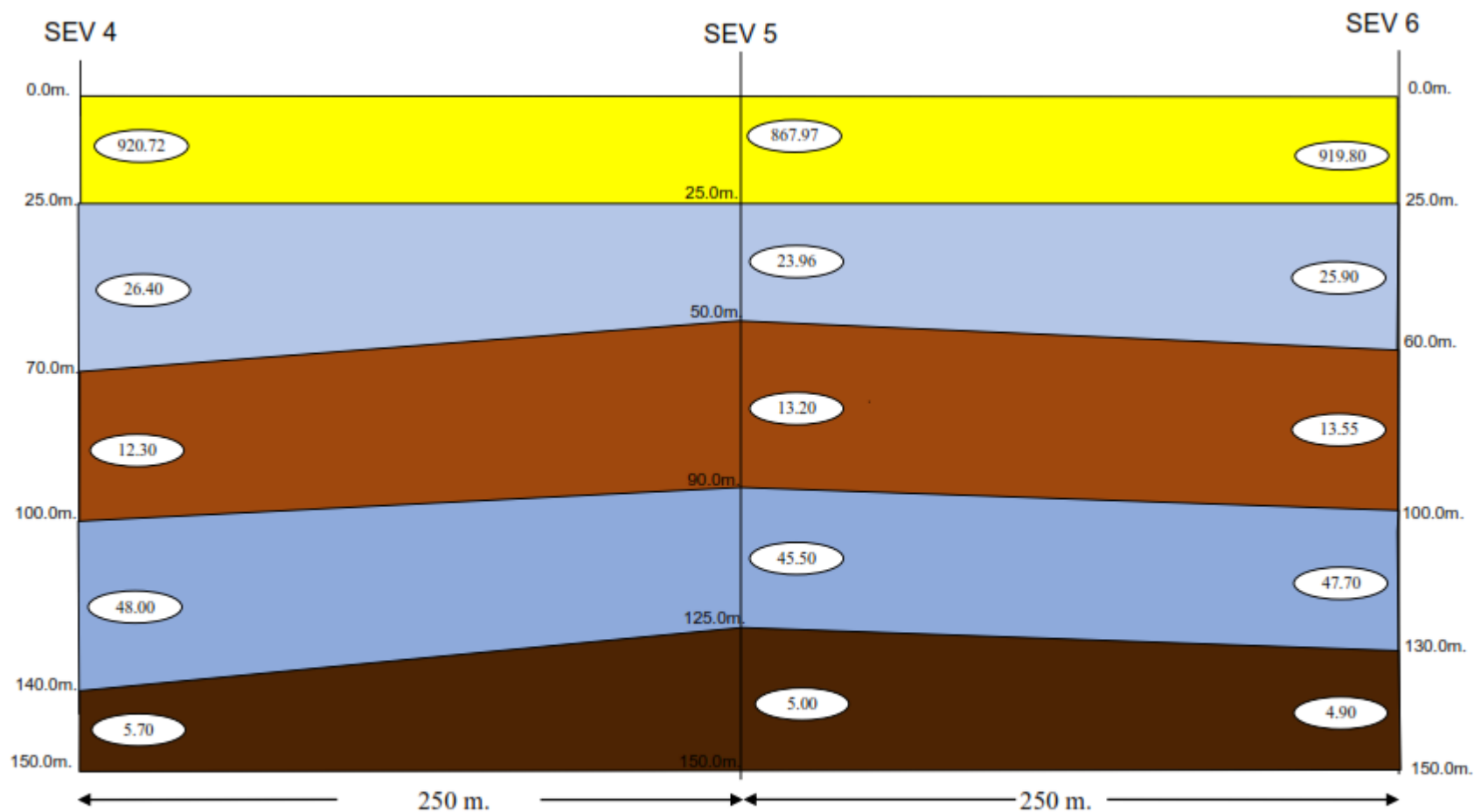
Secciones Geoeléctricas:

FIGURA N° III-8: Sección Geoeléctrica A-A'



Fuente: Resultados Prospección Geoeléctrica.

FIGURA N° III-9: Sección Geoelectrica B-B'



LEYENDA: SEV = Sondaje Eléctrico Vertical
 (125) = Resistividad Real, ohm-m

FIG. 2

ESCALA: INDICADAS

Fuente: Resultados Prospección Geoelectrica

Valoración Cualitativa:

Mediante el análisis de los resultados mostrados en el cuadro anterior y de las secciones geoelectricas, podemos establecer la existencia de estructuras cuya descripción litológica e hidrogeológica se detalla a continuación:

CUADRO N° 4: Descripción Litológica e Hidrogeológica

CAPA N°	DESCRIPCIÓN Y ATRIBUCIÓN LITOLÓGICA	<i>P</i> <i>Ohm-m</i>	<i>H</i> <i>M</i>	<i>D</i> <i>M</i>
		PROMEDIO		
1	Capa geoelectrica superior constituida por arena fina eólica, gris claro, polimixtica, micácea, con intercalaciones delgadas de arcilla. Capa de mediana permeabilidad. Capa seca Sus resistividades varían desde 867.97 a 920.72 ohm-m y sus espesores acumulados varían desde 25,00m.	905.86	25.00	25.00
2	Segunda capa geoelectrica, conformada por arena de grano grueso, con inclusiones de gravas y guijarros e intercalaciones delgadas de arcilla. Capa de mediana a alta permeabilidad, saturada con agua de mediano grado de mineralización. Acuífero libre. Sus resistividades varían desde 23.96 hasta 26.40 ohm-m y sus espesores varían desde 25,00m., hasta 45,00m.	25.14	36.66	70,00
3	Tercera capa geoelectrica, constituidas por arcilla arenosa pesada con lentes e intercalaciones de arcilla pura. Capa de muy baja permeabilidad. su resistividad varía desde 12.30 hasta 13.55 ohm-m y sus espesores acumulados varían desde 30.00m., hasta 40.00m.	13.05	36.66	110.00

4	Cuarta capa geoelectrica, conformada por arena de grano distinto, con inclusiones de grava, guijarros. Capa de alta permeabilidad saturada con agua de bajo grado de mineralización, constituye el acuífero principal de tipo semiconfinado, su resistividad varia de 44.90 a 48.50 ohm-m y sus espesores acumulados varían desde 30.00m., hasta 40.00m.	46.90	34.16	140.00
5	Capa geoelectrica de fondo constituida por arcilla pura, impermeable, constituye el basamento hidrogeológico. Sus resistividades varias desde 4.90 hasta 5.70 ohm-m y sus espesores acumulados hasta la profundidad de investigación varían desde 10.00m., hasta los 30.00m.	5.25	17.50	150.00

Fuente: Resultado de Prospección Geoelectrica

Resistividades del horizonte permeable saturado.

En el Plano N° 05 se presentan las curvas de las resistividades del horizonte permeable saturado, se presentan variaciones entre 44.90 a 48.50 Ohm-m, lo que lo hace horizonte con resistividades promedio, con agua de mediano grado de mineralización.

Espesores del horizonte permeable saturado.

Estas curvas se muestran en el Plano N° 06, donde se muestran las variaciones de los espesores del horizonte productivo; es decir, la parte más importante del acuífero, permitirán recomendar fuentes de agua subterránea (pozos) de exploración-explotación con profundidades que atraviesen el horizonte aprovechable. Encontrando espesores del horizonte permeable saturado entre 30 – 40 m. El mayor espesor se encuentra en el SEV 04.

Basamento rocoso impermeable.

En el anexo de secciones geoelectricas se muestra el Basamento hidrogeológico, esto hace referencia a la zona subterránea en la cual se encuentra el basamento confinado e impermeable. El basamento se presenta a partir de los 132.50 m en promedio. El basamento rocoso se

evidencio en profundidad investigada de 120.00 m. en la zona de ejecución del proyecto.

Claves de lectura:

Para analizar cada sondaje, específicamente y en detalle, se debe recurrir al cuadro de resultados numéricos correspondiente y a la sección geoelectrica. El cuadro de resultados resume todos los valores obtenidos de la interpretación numérica o cuantitativa de todos los Sondajes Eléctrico - Verticales ejecutados. Las curvas de resistividades aparentes se anexan en la parte final del presente estudio.

HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA DEL AREA DE INVESTIGACION.

HIDROLOGIA.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA.

La zona de estudio se emplaza en la cuenca del Rio Piura. Esta cuenca limita por el norte con el Rio Chira, por el Sur con la Quebrada Ñamuc (Desierto de Sechura), por el este con la cuenca del Rio Huamcabamba, y por el oeste con la llanura del desierto de Sechura. La naciente se ubica en la divisoria de aguas con el rio Huancabamba, cerros Lipuaja y Torotón, ubicado a más de 3,000 m.s.n.m y a una distancia de aproximadamente 230km. de la ciudad de Piura. En general el curso del rio Piura sigue un rumbo Nor Oeste hasta Tambogrande donde se inicia una amplia curva hacia el valle del bajo Piura que va a terminar en la laguna Ramón, cerca del Océano Pacifico. Entre los principales afluentes podemos mencionar los Ríos Huarmaca, Bigote, Charanal y Yapatera.

En función de sus cursos la cuenca se divide en 3 sectores: Alto Piura, entre su naciente y Tambogrande, Medio Piura, entre Tambogrande y la ciudad de Piura, y Bajo Piura, entre la ciudad de Piura y el Océano Pacifico. En promedio el rio tiene pendiente suave y cauce sinuoso.

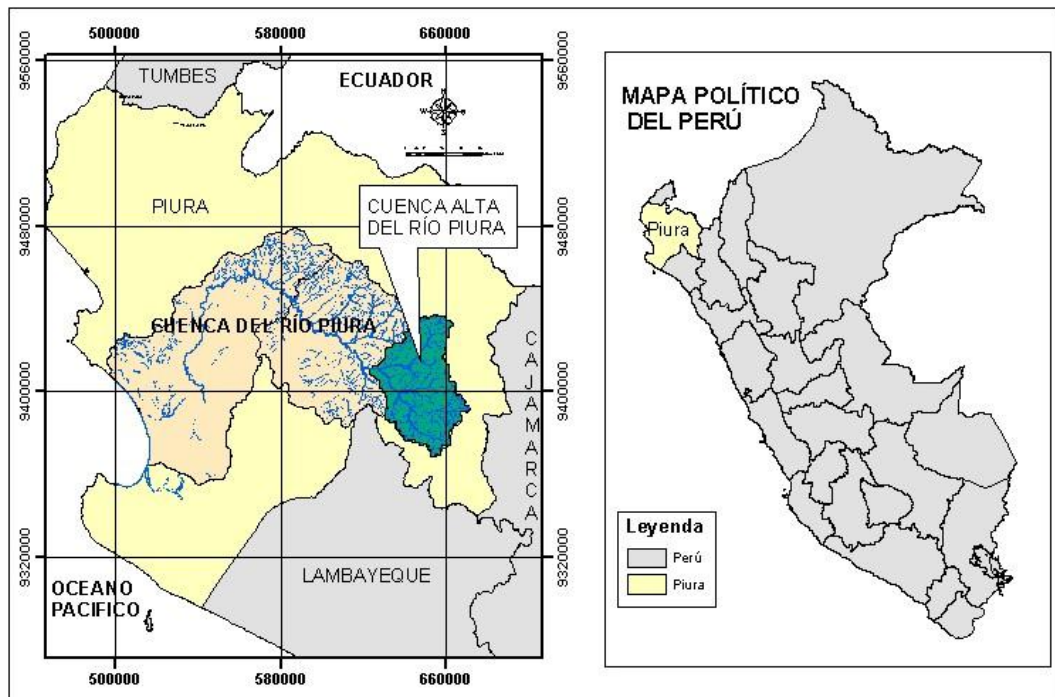
SISTEMA HIDROGRÁFICO.

Los principales tributarios del río Piura son: por la margen derecha, los ríos Bigote, Corral del Medio, La Gallega, Quebrada Las Damas, Charanal, Yapatera, Sancor, Quebrada San Francisco y Quebrada Carneros, y por la margen izquierda, los ríos Quebrada Garabo, Rio Seco, y Quebrada Seca La Matanza – Tortolitos.

El río Piura sigue en dirección noroeste hasta la localidad de Tambogrande; luego sufre una curvatura que va desde la Quebrada San Francisco hasta la caída de Curumuy, para luego continuar en dirección sur-oeste hasta Catacaos, siguiendo su curso hacia la Laguna Ramón, la que se conecta hacia el oeste con la Laguna Ñapique. Excepcionalmente, al llenarse estas lagunas, las aguas siguen hacia la Laguna Salinas, siguiendo hacia el sur para juntarse con las aguas del río Cascajal y Motupe y conformar la laguna la Niña, otra parte descarga por el estuario de Virrilá y el Océano Pacífico. La longitud total del río Piura es de aproximadamente 280 km y la superficie de la cuenca hidrográfica asciende a 12 216km².

Las pendientes promedio del río Piura van desde 0.13% entre Maiacasí y Tambogrande, 0.08% entre Tambogrande y Piura, y 0.03% entre Piura y la Laguna Ramón. Los afluentes a partir de la cota 300 m.s.n.m tienen un pendiente promedio del 15%, llegando al 25% en las partes altas.

FIGURA N° III-10: Cuenca del Río Piura



Fuente: Ingemmet.

METEOROLOGÍA

La información meteorológica ha sido recopilada del Proyecto Especial Chira Piura, en base a los registros de la estación climatológicas principal de Miraflores.

La cuenca del río Piura tiene un clima subtropical (de acuerdo a la clasificación de Köppen), aunque con fuertes diferencias entre los cursos alto, medio e inferior.

El río Piura se alimenta principalmente de 10 sub cuencas o tributarios que aportan un volumen anual promedio del orden de los 650 hm³/año, la que en casi su totalidad es utilizada para fines de riego en la parte alta y media de la cuenca. El caudal propio del río se agota antes de llegar al Medio y Bajo Piura, pero recibe una nueva inyección de agua a la altura de Curumuy, proveniente del río Chira, a través del canal de derivación Daniel Escobar, construido de la década de 1970.

De ejecutarse el proyecto especial Hidroenergético Alto Piura (PEHAP), ingresarían adicionalmente 335Hm³/año a la cuenca media, por el túnel de trasvase La Tronera en el río Huancabamba.

El escaso e irregular aporte propio del río Piura cambia en extremo cuando ocurre el fenómeno el Niño, para convertirse en un torrente peligroso.

CUADRO N° 5: Principales Parámetros Climatológicos de La Cuenca del Río Piura

PARAMETROS	ZONA DE LA CUENCA		
	BAJA	MEDIA	ALTA
ALTITUD (m)	0 a 50 m	50 a 350 m	350 a 3600 m
	Aguas debajo de Chulucanas	Aguas arriba de Chulucanas	Huarmaca
Precipitación (mm/año)	10 a 80	100 a 600	700 a 1100
Temperatura mínima	15	10	0
Temperatura media (°C)	24	24	13
Temperatura Alta (°C)	38	32	27
Evaporación (mm/año)	2500	2350	1350

Fuente: Estación Climatológica Miraflores.

DISPONIBILIDAD DE AGUA SUPERFICIAL

La principal fuente de agua superficial en la zona es la del río Piura, el mismo que alimenta a las lagunas de Ñapique, Ramon y La Niña. Este río presenta un promedio anual de 26.8 m³/seg, equivalentes a 845 millones de metros cúbicos. Las mayores descargas se presentan en los meses de marzo y abril, con un valor de 110.4 m³/seg y 88.3 m³/seg, equivalentes al 35% y 25 % de masa media anual, respectivamente.

INVENTARIO DE POZO O FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA.

La finalidad de esta actividad es determinar la cantidad y situación actual de los pozos tubulares como fuentes de agua subterránea existentes en la zona. Esta información permitirá conocer la situación física y técnica de los pozos, así como cuantificar la masa de agua que se explota del acuífero.

Se ha tomado como referencia pozos existentes más cercanos que presentan profundidades semejantes a los obtenidos en la prospección geofísica.

POZOS INVENTARIADOS

El inventario se realizó en el año 2016, para ello se contó con el equipo necesario para la actualización de la información concerniente a los pozos tubulares.

Se inventariaron 09 pozos tubulares. El resumen del inventario puede observarse en el siguiente Cuadro y la ubicación se aprecia en el Plano N° 08.

CUADRO N° 6: Inventario de Pozos y Fuentes de Agua Subterránea

POZO	IRHS	NOMBRE DEL POZO	COTA DEL TERRENO (m.s.n.n)	COORDENADAS UTM WGS84		PERFORACION					EQUIPO DE BOMBEO			NIVELES DE AGUA Y CAUDAL				C.E (Mmhos /cm) 25 C°	PH	TDS (ppm)	REGIMEN DE APROVECHAMIENTO						
				ESTE (m)	NORTE (m)	AÑO	TIPO	PROF. INICIAL (m)	PROF. ACTUAL (m)	DIAME TRO (m)	MARCA	TIPO	DIAME TRO	P.R. SUELO	N. ESTATICO		CAUDAL (L/S)				ESTADO DEL POZO	USO	REGIMEN DE EXPLOTACION				VOLUMEN (m³/año)
															PROF. (m)	m.s.n.m							h/d	d/s	s/m	m/a	
PT-1	4	AGUA POTABLE CURA MORI	17.80	537065	9411275	-	T	120.00	120.45	0.30	GULS PUM	S	6"	-0.45	19.30	-1.95	40.00	0.40	6.89	0.20	U	D	9.00	6.00	-	12.00	405456.00
PT-2	12	COOP. NEGRI ULLOA- SAN ERNESTO	16.00	536485	9409449	1654	TA	4.94	-	2.30	-	-	-	0.00	2.50	13.50	-	-	-	-	U	A	-	-	-	-	-
PT-3	16	POZO RENTERIA	16.00	536454	9409362	-	TA	-	3.45	1.66	-	-	-	-0.50	2.60	12.90	-	-	-	-	U	A	-	-	-	-	-
PT-4	17	CASERIO CHATO CHICO	16.00	536809	9407080	1975	T	130.00	-	0.36	HIDROSTAL	TV	4"	0.10	17.00	-0.90	22.00	0.22	6.90	0.11	U	D	1.00	-	2.00	12.00	1900.00
PT-5	18	AGUA POTABLE POZO DE LOS RAMOS	23.00	537665	9409219	1991	T	127.00	119.50	0.40	-	S	6"	-	-	-	36.00	0.25	6.90	0.13	U	D	2.50	7.00	30.00	12.00	118260.00
PT-6	20	AGUA POTABLE CHATO CHICO Y GRAN	25.00	536582	9408025	2000	T	120.00	-	0.38	-	S	6"	1.05	18.80	7.25	18.00	0.30	6.89	0.14	U	D	4.00	4.00	-	12.00	54064.80
PT-7	21	FAM. SANDOVAL RAMOS	21.00	535516	9411731	2011	TA	3.43	3.20	1.50	-	-	-	0.20	1.80	19.40	-	-	-	-	U	D	-	-	-	-	-
PT-8	7	CASA HDA. CHATO CHICO P-16	20.00	536434	9410174	1964	T	150.00	-	0.38	BJ	TV	10"	0.15	14.70	5.45	-	-	-	-	U	A	-	-	-	-	-
PT-9	22	ESTADIO MUNICIPAL	20.00	537052	9411709	2013	T	-	-	0.30	PUM	S	2"	-	-	-		0.13	6.90	0.06	U	P	1.00	-	15.00	12.00	3888.00
<div><div><div>T = Tubular A = Tajo abierto</div><div>S = Sumergible TV = Tuberia Vertical.</div><div>A = Agrícola D = Poblacional I = Industrial P = Pecuario U= Utilizado N/U= No Utilizado E/P= En Perforacion.</div></div></div>																											

Fuente: Autoridad Nacional del agua ANA

3.5. Aspectos éticos.

La ejecución del proyecto de investigación pretende poder solucionar los problemas que afectan a la población del asentamiento humano como es la escasez de recursos hídricos, para lo cual tiene presente minimizar cualquier trastorno medio ambiental en la zona de investigación al momento de la ejecución del proyecto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Resultados.

UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE ACUIFERO:

La zona en estudio pertenece al acuífero Zapallal, el cual se considera uno de los acuíferos más importantes a nivel nacional. Este acuífero fue descubierto entre los años 1963 – 1967, por Arce Geofísicos, consultores expertos en Prospección Geofísica e Hidrogeología.

El acuífero Zapallal abastece de agua subterránea a todo el valle del Medio y Bajo Piura, para uso agrario, poblacional, minero, etc. Desde su descubrimiento hasta la actualidad la explotación del acuífero ha aumentado considerablemente, poniendo en riesgo la explotación en algunas zonas.

UBICACIÓN:

El acuífero Zapallal se encuentra ubicado en el norte del Perú, se extiende entre los 5° S y 6.5° S y entre los 80° O y 81° O, abarcando más de 10,000 Km², siendo casi en su totalidad la parte media y baja del valle del río Piura. En la Figura Dimensión del Acuífero Zapallal, se puede observar la extensión del mismo.

GEOMETRIA DEL ACUIFERO.

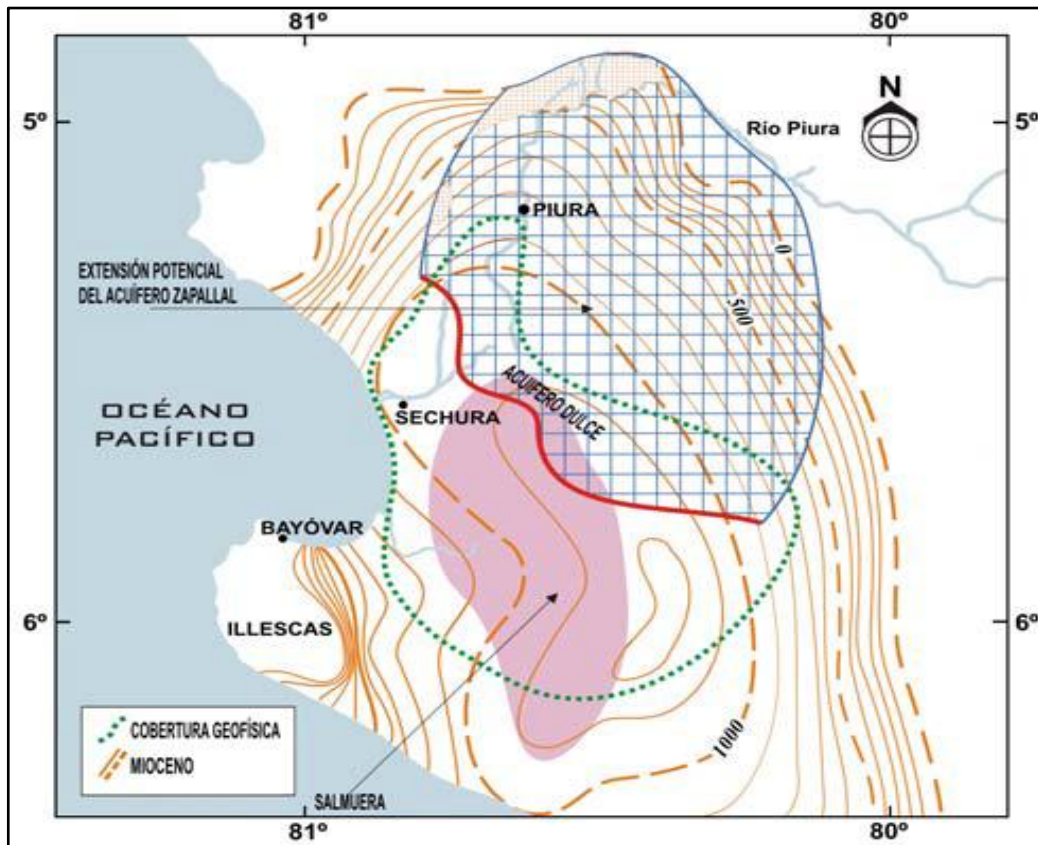
❖ FORMA Y LIMITES.

El acuífero superficialmente tiene forma de un rectángulo irregular y se encuentra delimitado por afloramientos rocosos representado por los cerros, Illescas, Chalaco, Tablazo, Vice y Chusis.

❖ DIMENSION.

El acuífero entre los sectores Sechura y Parachique tiene un ancho promedio de 45 Km. el mismo que se va incrementando progresivamente hasta alcanzar una longitud de 75 Km., entre los sectores de Catacaos – Loma Vegón, y finalmente hacia el Océano Pacífico se ensancha hasta 120 Km.

FIGURA N° IV-1: Dimensión del Acuífero Zapallal



Fuente: Arce Geofísicos 1963.

LA NAPA FREÁTICA.

La napa freática en un acuífero es una superficie propia comprobable a la de una superficie topográfica, con depresiones, ondulaciones, cambios de dirección y pendiente, etc.

La medición de los niveles en los pozos se ha ejecutado con una sonda eléctrica, y se ha efectuado cuando los pozos se encuentran en estado de equilibrio (apagados); y uniendo cotas y profundidades de igual valor, obteniendo las curvas de isopropundidad e hidroisohipsas respectivamente. El análisis de estos planos con los registros de la napa freática permitió inferir en lo siguiente:

RECARGA Y DESCARGA DEL ACUIFERO:

Las fuentes de alimentación o de recarga del acuífero en la zona de estudio son:

- Aporte a masas de agua por precipitación.
- Flujo subterráneo proveniente de la infiltración del río Piura.

Las zonas de descarga son principalmente:

- Las Lagunas Ñapique, Ramon y la Niña.
- Quebradas.
- Pozos de agua subterránea.

HIDRODINAMICA SUBTERRANEA.

Dentro de un estudio de evaluación del potencial de aguas subterráneas, así como del planeamiento del recurso hídrico es necesario cuantificar la capacidad de almacenar y de transmitir el agua en un acuífero, siendo para ello necesario definir las características hidráulicas del mismo. Estas características son determinadas por el valor de ciertas constantes denominadas parámetros hidrogeológicos, para la determinación de dichos parámetros se han realizado pruebas de bombeo a caudal variable (prueba de acuífero). Este pozo tiene muchos años de perforado y no existe información de la empresa perforadora, no se ha logrado encontrar el Perfil Litológico del mismo.

PRUEBA SE BOMBEO:

Se realizó la prueba de bombeo en el Pozo IRHS 04 – AGUA POTABLE CURA MORI ubicado en el distrito de Cura Mori, por ser uno de los pozos más cercano en la zona de estudio y de los pozos que se utilizan, durante los días 24 y 25 de julio del 2016, cuyos resultados se interpretaron según el método Theis - Jacob en régimen transitorio utilizando un caudal constante de 40.00 l/s.

Características de la prueba de bombeo

La prueba de bombeo se realizó los días 24 y 25 de julio del 2016, encontrándose antes de la prueba el nivel de agua en reposo a una profundidad de 18.75 m.

- El bombeo tuvo una duración de 24 horas a caudal constante. $Q = 40.00$ lts/seg.
- El rebatimiento total después de 24 horas de bombeo es de 12.97 metros.

PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS:

Los parámetros hidrogeológicos determinados son los siguientes:

❖ **Transmisividad (T)**

Se ha determinado valores de Transmisividad a partir de las curvas de descenso y recuperación del pozo probado, pero para el presente análisis se ha considerado el valor promedio de ambas curvas, la cual consideramos la más representativa, cuyo valor encontrado fue de:

$$T = 6.945 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

❖ **Conductividad Hidráulica o Permeabilidad (K)**

El valor del coeficiente de permeabilidad determinado a partir de la transmisividad promedio fue de:

$$K = 5.787 \times 10^{-5} \text{ m/s.}$$

CUADRO N° 7: Valores de Transmisividad (T) y Permeabilidad (K)

T	DESCENSO		RECUPERACIÓN		PROMEDIO	
	(m ² /seg)	(m ² /día)	(m ² /seg)	(m ² /día)	(m ² /seg)	(m ² /día)
	0.009506	821.3610	0.004383	378.7114	0.006945	600.0362
K	(m/seg)	(m/día)	(m/seg)	(m/día)	(m/seg)	(m/día)
	0.00007922	6.8446	0.00003653	3.1562	0.00005787	5.0004

Fuente: Elaboración Propia (Resultado Prueba de bombeo)

❖ **Coeficiente de Almacenamiento**

Es adimensional. Se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico (o la presión). Se define como el volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero, de sección igual a la unidad

y altura la del espesor saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico. Tenemos que el coeficiente de almacenamiento varía entre:

En un acuífero libre: $S = 0.05 - 0.03$

En acuíferos confinados: $S = 10^{-3} - 10^{-5}$

Sin embargo, en la zona de investigación no se han encontrado pozos de observación; por lo que se han tomado los valores que se encuentran en el “Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle del Medio y Bajo Piura” (2004) en el cual se ha encontrado un coeficiente de almacenamiento igual a:

$$S = 0.0012$$

❖ **Radio de Influencia**

El método de interpretación utilizado, considerando el fenómeno de la evolución transitoria de los niveles piezométricos, es el de la fórmula de no equilibrio, de la aproximación semilogarítmica de Theis-Jacob y que se traduce analíticamente por la relación:

$$R_a = 1.5 * \sqrt{\frac{T * t}{S}}$$

Donde:

- ❖ R_a = radio de influencia (m).
- ❖ T = transmisividad (m^2/seg).
- ❖ t = tiempo bombeo (seg)
- ❖ S = coeficiente de almacenamiento.

El radio de influencia obtenido de los parámetros hidráulicos anteriormente determinados para un máximo tiempo de bombeo de 24 horas, se estima de 1061.00 m. Según los radios de influencia obtenidos en el siguiente Cuadro, sí existe interferencia con pozos cercanos, y esto debido a la cercanía que existe entre ellos, habiendo distancias de menos de 500.00 m, por lo que es recomendable en este nuevo proyecto perforar pozos a una distancia mínima de 500 m entre pozos, debido a la nula

explotación que existe en la zona, pero si se quiere perforar más pozos en un futuro, es recomendable distancias mínimas de 1000.00m, así mismo se debe explotar un promedio de 18 horas al día.

CUADRO N° 8: Radios de Influencia

Tiempo Bombeo (Horas)	Tiempo Bombeo (Segundos)	T	S	Ra
1	3600	0.006945	0.0012	216.51
2	7200	0.006945	0.0012	306.19
4	14400	0.006945	0.0012	433.03
6	21600	0.006945	0.0012	530.35
8	28800	0.006945	0.0012	612.39
10	36000	0.006945	0.0012	684.68
12	43200	0.006945	0.0012	750.03
14	50400	0.006945	0.0012	810.12
16	57600	0.006945	0.0012	866.06
18	64800	0.006945	0.0012	918.59
20	72000	0.006945	0.0012	968.28
22	79200	0.006945	0.0012	1015.54
24	86400	0.006945	0.0012	1060.70

Fuente: Elaboración Propia.

HIDROGEOQUIMICA.

En toda evaluación hidrogeológica es muy importante conocer la calidad físico-química del agua subterránea, con la finalidad de conocer la concentración y composición de los elementos químicos disueltos en el agua del subsuelo y de acuerdo a los efectos que estos puedan causar se establece sus posibilidades de utilización en diferentes usos.

La presente evaluación se realiza en la fase de campo, en dos etapas.

La primera es la toma de muestras de los pozos de la zona evaluada, donde se determina la conductividad eléctrica del agua.

La segunda etapa se basa en los resultados de una (01) muestra de agua, del pozo con IRHS 04 – Agua Potable Cura Mori, analizada en el Laboratorio de la “UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”, Facultad de Agronomía cuyos análisis efectuados son los siguientes:

- Conductividad Eléctrica (CE, en mS/cm. a 25 ° C)

- Ph
- Contenidos de aniones y cationes (mg/l, meq/l)
- Relación de Adsorción de sodio (RAS)
- CO₃ de sodio residual
- Identificación de Familias Químicas

Los resultados de análisis efectuado se muestran en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° 9: Resultados del Análisis Físico – Químico

PARÁMETROS		SIMBOLO	UNIDAD	MUESTRA	FACTOR DE CONVERSION	UNIDAD	MUESTRA
	Ph			6.77			
	CE		dS/m	0.89	1	mmhos/cm	0.89

Cationes	Calcio	Ca +2	meq/litro	2.10	20.04	mg/litro	42.08
	Magnesio	Mg +2	meq/litro	0.89	12.16	mg/litro	10.82
	Sodio	Na +	meq/litro	5.90	22.99	mg/litro	135.64
	Potasio	K +	meq/litro	0.08	39.1	mg/litro	3.13

Aniones	Carbonatos	CO ₃ +2	meq/litro	0.00	30.03	mg/litro	0.00
	Bicarbonatos	HCO ₃ -	meq/litro	4.00	61.02	mg/litro	244.08
	Sulfatos	SO ₄ -2	meq/litro	0.41	48.03	mg/litro	19.69
	Cloruros	Cl -	meq/litro	3.70	35.46	mg/litro	131.20

RAS						4.91
Clasificación						C3 - S1

Fuente: Resultado de Análisis

➤ **EVALUACION HIDROGEOQUIMICA**

EVALUACION DE RIESGOS DE SALINIDAD Y SODICIDAD

Esta evaluación se realiza de acuerdo a la clasificación de Richards del laboratorio de Salinidad de Riverside, California U.S. (1,954)

- **Criterio de Salinidad**

La conductividad eléctrica (C.E.) es la recíproca de la resistencia eléctrica e indica en forma indirecta la concentración salina de una solución, así a mayor concentración de sales mayor será la conductividad eléctrica.

Las sales disueltas en el suelo disminuyen el potencial osmótico y exige a las raíces un esfuerzo adicional para absorber el agua, lo cual puede ocasionar una reducción en los rendimientos de los cultivos.

CUADRO N° 10: Resultados del Análisis Físico – Químico

CLASIFICACIÓN	CE (µmhos/cm)	RIESGO DE SALINIDAD
C1	100 – 250	Bajo
C2	250 – 750	Medio
C3	750 – 2250	Alto
C4	>2250	Muy Alto

Fuente: Richards del laboratorio de Salinidad de Riverside, California U.S. (1,954)

Se evaluaron 05 medidas de C.E. de los pozos utilizados mostrando que ella varía de 0.13 a 1.12 mmhos/cm a + 25°C valores que ubican las aguas en la clasificación de bajo a alto grado de salinidad. Se observa (de la tabla del Inventario de pozos) que la conductividad eléctrica más baja es de 0.13 mmhos/cm a + 25°C, en el pozo tubular con IRHS 022 y la que alcanza el valor más alto con 0.40 mmhos/cm a + 25°, corresponde al pozo tubular IRHS 04.

Teniendo en cuenta que el cuadro regional de la mineralización global o grado de salinidad se muestra de acuerdo a la conductividad eléctrica, se ha elaborado la carta de Curvas de Isoconductividad Eléctrica.

- **Criterio de Sodicidad**

Este criterio también se denomina, criterio de permeabilidad o criterio de infiltración, etc., precisamente porque el efecto del sodio es disminuir esas propiedades en el suelo. Cálculo del RAS (Relación de adsorción de sodio).

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}}$$

Donde los cationes se expresan en meq/l. Reemplazando los datos de los resultados de los análisis de agua se obtiene:

$$RAS = 4.83$$

- **Ph**

Es la medida de la concentración de iones de hidrogeno (H+). El agua neutra (agua destilada) tiene un pH = 7, el agua acida pH<7, y el agua alcalina un pH>7.

En los resultados de la muestra de agua se presenta:

$$pH = 6.70 \text{ a } 6.90$$

Es decir: **Agua alcalina.**

COMPOSICION QUIMICA

La composición química del agua freática se refiere al contenido de iones (aniones y cationes) disueltos en el agua. Para visualizar la composición química de las aguas freáticas, se ha elaborado del Diagrama de Schoeller.

Donde predominan los iones:

Cl y Na

Clasificándose como: Sódica Clorurada

Con estos resultados la clasificación del agua para riego se ha determinado como: Agua de Calidad C3S1

Es decir:

Agua con alto riesgo de salinidad y bajo riesgo de sodicidad.

La misma que es apta para suelos con buen drenaje, también se recomienda solo la instalación de plantaciones tolerantes a la salinidad.

DUREZA

La dureza del agua de riego es un índice que valora el contenido de calcio y magnesio en el agua. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Dureza} = \frac{(\text{Ca}^{+} * 2.5 + \text{Mg}^{+} * 4.12)}{10}$$

Donde los cationes se expresan en mg/l.

Su interpretación se indica en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° 11 Clasificación del Agua de Riego en Función de los Grados Hidrométricos Franceses

TIPO DE AGUA	GRADOS HIDROMETRICOS FRANCESES
Muy Blanda	Menor de 7
Blanda	7 – 14
Semiblanda	14 – 22
Semidura	22 – 32
Dura	32 – 54
Muy Dura	Mayor de 54

Fuente: Cánovas (Calidad agronómica de las aguas de riego)

Para el agua de la Muestra, se calculó una dureza de 14.98 grados hidrométricos franceses, Es decir:

AGUA SEMIBLANDA.

DEMANDA DE AGUA DEL PROYECTO.

El pozo atenderá la demanda de agua del AA. HH Nuevo Santa Rosa teniendo como régimen de bombeo un tiempo de 10 horas diarias con un caudal de 20 l/seg. y un periodo de 28 días al mes, la misma que se detalla en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 12: Demanda de Agua

Volumen de Agua (m³/año)													Total (m3/año)
Servicios	Meses												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	241920.00
Básicos	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	

Fuente: Elaboración Propia.

DISPONIBILIDAD HIDRICA.

Para determinar la disponibilidad hídrica, debemos conocer el caudal disponible del Pozo y el tiempo de explotación por día, dicha información se encuentra en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° 13: Oferta hídrica subterránea

N° POZO	SEV	CAUDAL (lt/seg)	HORAS /DIA	VOLUMEN DE AGUA POR MES (m³)												VOLUMEN ANUAL (m³)
				ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	4	30	20	66960	60480	66960	64800	66960	64800	66960	66960	64800	66960	64800	66960	788400.00

Fuente: Elaboración Propia

Se ha elaborado el balance hídrico con la finalidad de conocer si el pozo abastecerá sin inconvenientes la demanda de agua. En el siguiente cuadro se ha calculado el balance.

CUADRO N° 14: Balance hídrico del Pozo

Disponibilidad hídrica del pozo			
Pozo (IRHS)	Oferta (m³/año)	Demanda (m³/año)	Balance (m³/año)
04	788400	241920	+546480

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, existe disponibilidad hídrica en el pozo, con un superávit hídrico de +546480 m³, considerando que solo se aplica en un bombeo de 4 horas al día, por lo que el pozo puede abastecer una mayor demanda de agua a medida que aumente el tiempo de bombeo.

MODELO CONCEPTUAL.

El modelamiento de aguas subterráneas es una representación física – matemática que simplifica la hidrogeología de una zona o dominio seleccionado.

Numéricamente se puede definir el sistema modelado por una serie de parámetros y variables que gobiernan el flujo y la conservación de la masa en medios porosos (La Ley de Darcy, ecuación de continuidad, ecuación de la difusividad), basados en observaciones reales y percepciones de la zona seleccionada.

El modelo conceptual del sistema acuífero donde se ubica el AA.HH Nuevo Santa Rosa. se ha planteado a partir del análisis conjunto de la información geológica, hidrogeológica y geofísica, con el objetivo de cuantificar el flujo de agua dulce.

En este contexto, y en base a los conocimientos referidos a la hidrodinámica que siguen las aguas subterráneas, el acuífero en mención se evaluó mediante el software Visual Modflow Flex. Como se puede ver en las siguientes figuras donde se muestran los techos de las superficies productiva y semiconfinada.

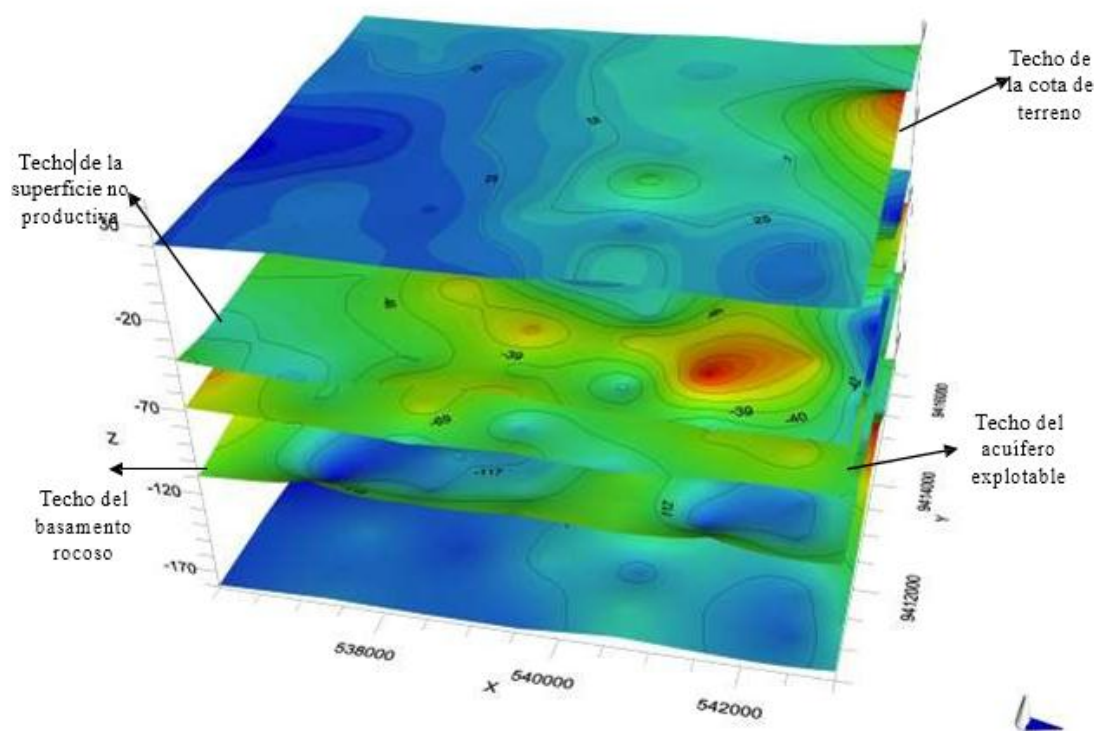
- **Plataformas**

Para la elaboración de plataformas, se procedió a la recopilación de la información cartográfica digital correspondiente a topografía superficial, topografía del basamento y características hidráulicas del acuífero. El ámbito de trabajo para la generación de la referida información está definido a partir de la delimitación de parte de los distritos Catacaos y Cura Mori.

Topografía de superficie

Para la generación de la topografía de superficie se trabajó con un modelo digital de terreno (DEM) del Perú, el cual se procesó en ArcGis, obteniendo como producto final las referidas curvas topográficas del ámbito de la zona de trabajo, las mismas que también se han convertido a puntos para su traslado al software de Visual Modflow Flex.

FIGURA N° IV-2: Topografía del Terreno



Fuente: Elaboración Propia

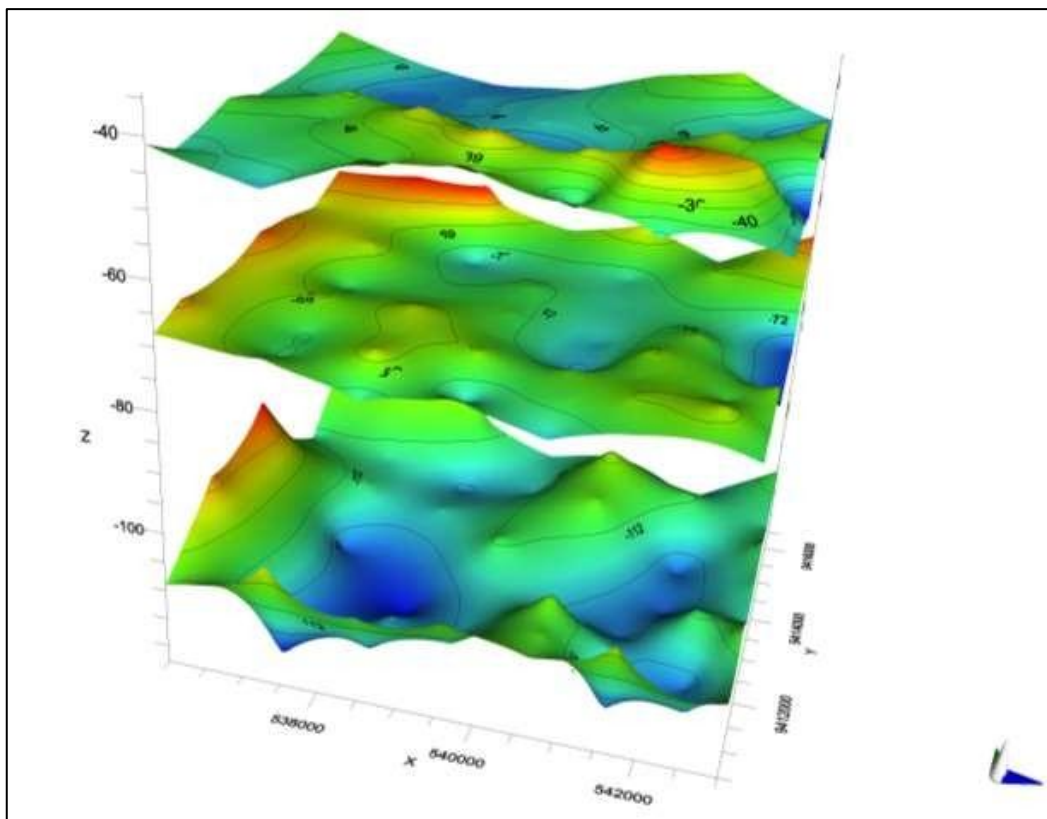
Topografía sub superficial

Nos indica la profundidad del agua dulce, la misma que ha sido generada con la información geofísica proporcionada de los sondeos eléctricos verticales SEV realizado por el consultor, a estos sondeos se le asignó su respectiva cota topográfica en base al modelo digital de terreno (DEM). En las siguientes figuras se muestran los techos de la superficie no productiva y del acuífero de explotación.

Como se puede ver en la imagen, el techo 1 es el techo del acuífero libre no productivo por lo que la calidad y cantidad de agua no es lo requerido para su explotación.

Entre el techo 2 y 3, se encuentra el acuífero explotable o productivo el cual es un acuífero confinado, el agua es de bajo a mediano grado de mineralización y con caudales promedio de 40 lt/seg.

FIGURA N° IV-3: Techos del acuífero no productivo y productivo



Fuente: Elaboración Propia

PARAMETROS HIDRAULICOS DEL ACUIFERO

Los parámetros hidráulicos son los que se obtuvieron con la ejecución de la prueba de bombeo. Los valores utilizados fueron los siguientes:

$$T = 600.0362 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$K = 5.0004 \text{ m/día}$$

$$S = 0.0012$$

DISEÑO DEL MODELO

El modelo conceptual se elaboró usando el programa modular de diferencias finitas, Visual Modflow Flex 2015. Este método simula la continuidad del sistema acuífero mediante matrices de celdas discretas, pero de propiedades uniformes.

- **Discretización espacial**

Se ha considerado un tamaño de malla de 7000 m x 6000 m. La grilla aplicada fue de 100 x 100 m en zonas donde no se ha encontrado información detallada por no converger al modelo, mientras que en las zonas donde existen los pozos y las condiciones de borde se ha adecuado la grilla lo más fina posible para obtener mejores resultados.

- **Geometría del acuífero en la zona de estudio**

Queda definido en 2 estratos, el primero (color plomo) es el acuífero libre, y el segundo (color azul) es el acuífero semiconfinado. El segundo acuífero es el recomendable para la explotación de agua subterránea.

- **Limites impermeables**

El acuífero en estudio se encuentra limitado por afloramientos rocosos en la zona de estudio, que en promedio se presentan a partir de los 150.00 m, alcanzando la profundidad máxima estudiada de 200.00 m.

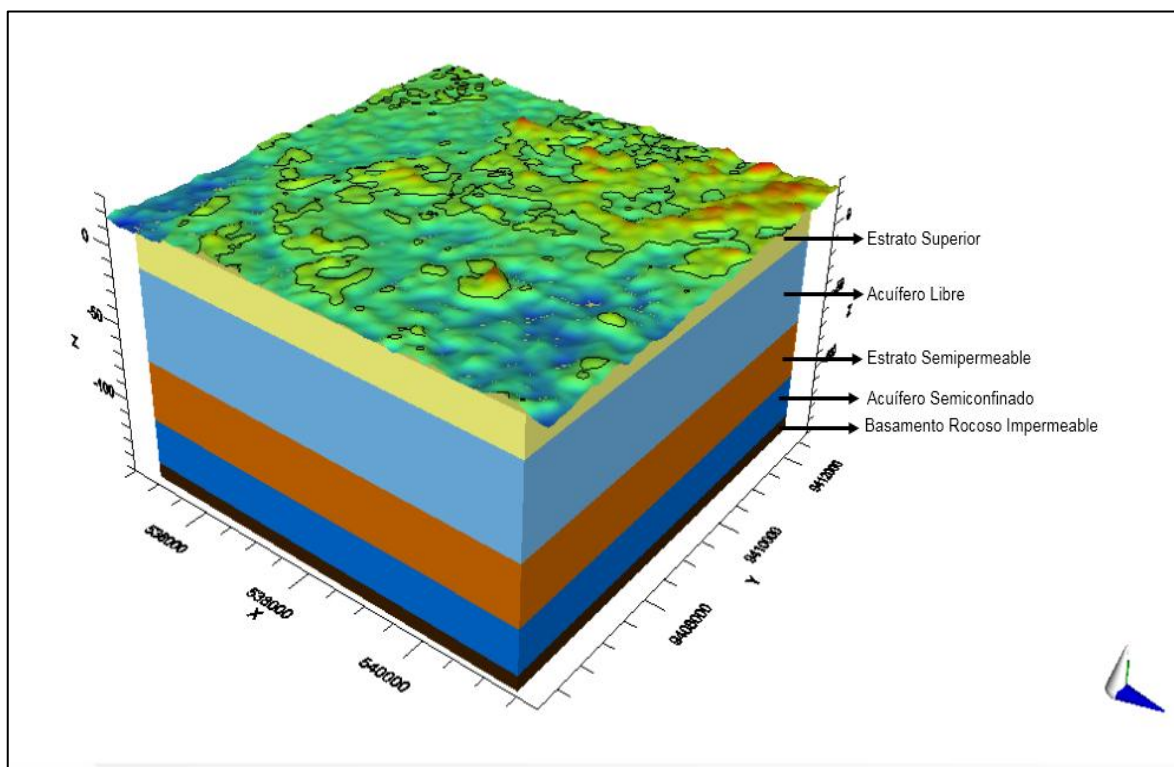
RESULTADOS DEL MODELO CONCEPTUAL

Como resultado de la elaboración del modelo conceptual; se ha podido cuantificar que por la zona de interés estaría circulando un flujo de agua dulce ascendiente a 10000.00 m³/día, factible de ser aprovechado por APP, considerando que este resultado tiene un margen de error de +/- 10%, el cual es un error permitido en la elaboración de modelamientos hidrogeológicos.

El nivel de la napa freática se ha obtenido a partir de los 30.00 m de profundidad; profundizándose en las partes más bajas.

El modelo está preparado para la segunda fase, calibración régimen permanente, para ello se debe generar información referente a las cargas de agua mediante la instalación de pozos de observación

FIGURA N° IV-4: Estratos del modelo



Fuente: Elaboración Propia

ANTEPROYECTO DEL POZO TUBULAR.

POZO PROYECTADO.

Para definir las ubicaciones del pozo, se ha ejecutado 06 estaciones de Sondeos Eléctricos Verticales-SEV de superficie, cuyos resultados han permitido construir 02 secciones geoelectricas, en donde se tiene que el horizonte IV muestra las mejores condiciones para ser prospectables por aguas subterráneas.

Los resultados cuantitativos encontrados, permiten proyectar un pozo que se ubiquen en las inmediaciones del SEV N° 4.

CUADRO N° 15: Ubicación del Pozo Proyectado

POZOS PROYECTADO	SEV	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
Pozo 1	4	542 450	9 410 519

Fuente: Elaboración Propia.

DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO.

Para el diseño de la captación de agua subterránea, debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Características hidrogeológicas del sector
- Características hidrodinámicas del acuífero que se pretende captar.
- Litología
- Volumen de agua requerido
- Distribución temporal de la demanda
- Costo de las instalaciones de explotación y mantenimiento de la captación.

Este estudio ha permitido realizar un diseño típico preliminar del pozo proyectado el cual deberá reajustarse, teniendo en cuenta tanto los resultados de la perforación exploratoria como la diagráfia que se le ejecute y análisis granulométrico de las muestras de los horizontes acuíferos.

El diseño técnico preliminar de un pozo típico proyectado, que ha sido establecido teniendo en consideración el caudal requerido, la profundidad actual del nivel de agua y el abatimiento que se alcanzaría durante el bombeo.

Quedando por definir la profundidad exacta durante la perforación y los estratos aprovechables.

DISEÑO FÍSICO DEL POZO

Este diseño ha sido elaborado tomando en cuenta las características hidráulicas y condiciones hidrogeológicas del área de estudio. El referido diseño deberá reajustarse con los resultados que se han obteniendo del estudio litoestratigráfico y granulométrico de las muestras de material acuífero que se extraigan durante la perforación.

El diseño físico ha consistido en definir las siguientes características:

- Diámetro y longitud de la sección de admisión.
- Diámetro y longitud del entubado ciego.
- Diámetro y profundidad de perforación.

✓ Sección de Admisión

La sección de admisión está representada por la columna de filtro que se localiza por debajo de la probable posición del nivel estático.

El filtro que se recomienda utilizar es el de abertura tipo puente trapezoidal, diámetro de 10" y ¼" de espesor, con abertura de 1.5 mm.

En lo referente al material, para una mayor duración se recomienda usar tubería de acero negro ASTM A-36, caso contrario acero negro laminado al calor (LAC) de bajo contenido de carbono electrosoldado.

✓ **Entubado Ciego**

En el Cuadro siguiente, se pueden apreciar que existen cuatro y tres tramos de entubado ciego respectivamente que se localizan de la siguiente manera:

TCE = Tubería ciega externa. Tubería que sobresale de la superficie del suelo.

TCS= Tubería ciega superficie entubado que se extiende desde la superficie del suelo hasta empalmar con la columna de filtros.

TCI = Tubería ciega inferior. Entubado ciego localizado al fondo del pozo y funciona como trampa de arena o colector.

✓ **Perforación**

Puede perforarse por el método de percusión o rotación. En este caso de utilizar el sistema de rotación, el diámetro de perforación deberá ser de 18", en toda su longitud. El estudio recomienda perforar hasta 145.00 m. (SEV 4) en la zona de estudio. Ver anexo de diseño preliminar del pozo.

Cuadro N° 16: Diseño Físico del Pozo Típico Proyectado

SEV	PERFORACIÓN DEL POZO		ENTUBADO CIEGO 10" x ¼"			Filtros 10" x ¼"	Engravado
	Diámetro (pulg)	Prof. Máx. (m)	TCE De ...a...m	TCS De ...a...m	TCI De ...a...m	De ...a...m	De ...a...m
SEV 4	10"	0.0 – 145.00	0.50 – 0.00	0.00 – 100.00	140.00 – 145.00	100.0 – 140.0	00.0 – 145.00

Elaboración Propia.

DISEÑO HIDRÁULICO DEL POZO

En el diseño hidráulico es necesario estimar el abatimiento y la probable posición del nivel dinámico (ND) en el pozo proyectado, basándose en las pérdidas de carga que se generarían dentro del pozo cuando este sea sometido a explotación.

Esta información es importante para estimar la profundidad a partir de donde se puede ubicar la sección filtrante, para este cálculo se utiliza la ecuación general de abatimiento:

$$ND = \Delta hT + NE$$

Donde: $\Delta hT = AQ + BQ^2 + VC + \Delta i$

La cual indica que el abatimiento total (ΔhT) es la suma de los abatimientos parciales, donde:

AQ es el abatimiento debido a las características hidrogeológicas del acuífero, **BQ²** Abatimiento debido a las características constructivas de la obra, **VC** debido a las variaciones cíclicas del nivel freático y Δi por la interferencia de pozos vecinos, que para el presente caso no existe.

El abatimiento debido a las características hidrogeológicas del acuífero, se empleó la fórmula de Theis - Jacob.

$$\Delta hT = (0.183Q/T)[\log(2.25Tt/rp^2S)] + BQ^2 + VC$$

Donde:

Q = Caudal del pozo, m³/seg.

T = Transmisividad m²/seg.

t = Tiempo de bombeo, seg.

rp = radio del tubo de ademe del pozo, m.

S = Coeficiente de almacenamiento, adimensional

B = Coeficiente de Walton, dependiente de la calidad constructiva de la obra. La información básica considerada para el diseño es la siguiente:

Q = 0.040 m³/seg.

$$T = 0.006945 \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$t = 64800 \text{ seg. (18 horas de bombeo)} \quad r_p = 0.1905 \text{ m. (radio del pozo = 7.5")}$$

$$S = 0.0012$$

$$B = 2500 \text{ s}^2/\text{m}^5$$

$$VC = 2 \text{ m.}$$

$$NE = 18.75 \text{ m.}$$

Aplicando los datos considerados anteriormente en la fórmula de Theis - Jacob ($AQ + BQ^2$), el valor de abatimiento obtenido es 13.765 m., siendo el abatimiento corregido para acuífero libre

14.00 m. Con el nivel estático $NE = 18.75 \text{ m.}$ y estimando una variación cíclica de 2 m. en base a la evaluación histórica de los niveles estáticos. El nivel dinámico esperado se estima en $ND = 32.75 \text{ m.}$ siendo corregido a 33.00 m de N.D.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA PERFORACION.

Especificaciones Técnicas que se indican corresponden a la obra para la construcción de 01 Pozo Tubular en el AA. HH Nuevo Santa Rosa.

Obras provisionales

Generalidades

Comprende la ejecución previa de construcciones e instalaciones de carácter temporal que tiene por finalidad brindar servicios al personal técnico administrativo y obrero. Así mismo permitir el almacenamiento y cuidado de los materiales durante el período de ejecución de la Obra.

Campamentos provisionales

DESCRIPCIÓN

Estos trabajos serán de carácter transitorio y así mismo de ejecución de obra, y se refiere a la construcción de un almacén de materiales, herramientas y equipos, y a la oficina del Residente y Supervisor. Las casetas serán construidas con materiales anti inflamables o metálicos, deben estar en buen estado de conservación (pintadas, identificadas con el nombre y logotipo de la compañía contratista)

Estos ambientes estarán ubicados dentro de la zona en la que se ejecutarán los trabajos de campo de tal forma que la distancia a recorrer tanto del personal como de los materiales, sean los más cortos posibles y no interfieran con el normal desarrollo de los trabajos.

Los materiales empleados en la construcción de los campamentos provisionales no podrán ser empleados en la ejecución de los trabajos de campo. Culminada la obra, estas construcciones deberán ser retiradas por el contratista, sin dejar restos de ningún tipo.

Esta partida comprende la instalación de una caseta para ser utilizada como almacén de materiales, herramientas y equipos, opcionalmente una caseta para oficina del Residente y Supervisor, de las siguientes medidas: 3.60 x 2.40m cada una.

Señalización y protección de la obra

Como los trabajos se realizarán en áreas de riesgo, se conducirán las operaciones de tal forma que se cause la menor obstrucción o inconveniencias posibles al desarrollo de las labores y no se tendrá bajo construcción un área o cantidad de trabajo mayor del que se pueda ejecutar correctamente.

Antes del inicio de trabajos se coordinara con el Supervisor las acciones y el programa previsto para evitar en lo posible interferencias , considerando que la totalidad de los trabajos se ejecutaran en el plazo establecido, así como el cronograma incluido en estas especificaciones; se coordinará cualquier modificación de trabajos que signifique una variación sustancial de la situación actual, haciendo uso en estos casos de las respectivas señales, avisos, tranqueras y demás dispositivos de control necesarios tanto diurno como nocturno

Se colocará cinta de seguridad en el lugar donde se desarrollan las labores o donde existen obstáculos capaces de producir accidentes por choque contra los mismos.

Construcción de pozas de lodo de perforación + poza de agua

Esta partida comprende la implementación necesaria a fin de que, durante el proceso constructivo, se tengan controlados los lodos provenientes de la perforación del pozo, tanto en la etapa de la construcción del pozo exploratorio, como en la etapa del rimado del pozo hasta alcanzar el diámetro de diseño final.

Las pozas tendrán un diseño tal que permitirán la evacuación del exceso de agua, así como permitirán la retención de lodos, los mismos que al perder el exceso de humedad serán susceptibles de eliminación gradual, a fin de no tener pozas demasiado grandes.

Se recomienda ejecutar las pozas haciendo excavaciones en el terreno natural, para aplicar a la excavación realizada una capa de afirmado compactado de 0.10 m., sobre el cual se le aplicara mortero cemento arena 1:5 champeado.

Las pozas deberán contar con la señalización y seguridad suficientes a fin de evitar accidentes de terceros ajenos a la obra.

TRABAJOS PRELIMINARES

- **Transporte y retorno de equipo de perforación**

Esta partida comprende los trabajos necesarios para el adecuado transporte de equipo y herramientas al lugar de ejecución de la obra.

El traslado de equipo de perforación rotatorio cuenta, por lo general, con una unidad de transporte autopropulsado pesado, por lo tanto, se efectuará por vía terrestre, considerando para el análisis de la partida 6.00 horas para la movilización y 6.00 horas para la desmovilización teniendo en cuenta la distancia y las horas mínimas diarias de alquiler de equipo (4.00 horas). El transporte del equipo liviano se efectuará en la misma unidad de transporte del equipo de perforación.

- **Montaje y desmontaje de equipo de perforación**

Esta partida comprende los trabajos necesarios para al adecuado montaje y desmontaje de equipo y herramientas al lugar de ejecución de obra.

El montaje de equipo de perforación rotatorio se realizará una vez Instalado el equipo en la zona asignada para la perforación propiamente dicha, y consistirá en el izaje del equipo, el mismo que deberá quedar perfectamente vertical, para lo cual la mesa rotatoria deberá estar perfectamente horizontal, procediéndose a la instalación de templadores para asegurar la torre de perforación, de ser necesario.

Así mismo se deberá instalar los equipos complementarios como la bomba de agua y otros. Una vez concluida la perforación satisfactoriamente, se procederá al desmontaje de los equipos, debiendo quedar la zona de trabajo asignada perfectamente limpia y uniforme, sin vestigios de material proveniente de la perforación y/o del desarrollo del pozo.

- **Transporte, montaje y desmontaje de equipos de prueba de bombeo**

Esta partida comprende los trabajos necesarios para el adecuado transporte de equipo y herramientas al lugar de ejecución de obra.

El traslado, montaje y desmontaje del equipo de prueba de bombeo, se realiza en una unidad de transporte similar a un D-300 por lo tanto se efectuará por vía terrestre, considerando para el análisis de la partida 4.00 horas para la movilización y 4.00 horas para la desmovilización teniendo en cuenta la distancia y las horas mínimas diarias de alquiler de equipo (4.00 horas).

PERFORACIÓN DEL POZO

- **Perforación de pozo piloto de 8" por sistema rotatorio**

Luego de la instalación del equipo y preparación de la cancha de trabajo, con los canales de circulación del lodo de perforación y sedimentadores necesarios, se procederá a la perforación piloto con el diámetro determinado.

Es con el taladro rotatorio del equipo de perforación que se perfora hasta la profundidad que considera el SEV; en 8" de Φ de la broca de la sarta de perforación, con recuperación de muestras de estratos en superficie que serán recolectadas cada dos metros, empezando desde la superficie y en cualquier cambio pronunciado de estratos.

La muestra total obtenida de cada intervalo se mezclará enérgicamente hasta obtener un volumen suficiente como para producir tres muestras representativas de un kilogramo cada una, las que son ubicadas en bolsas plásticas transparentes, identificadas por número y nombre del estrato; este registro litológico conjuntamente con la diagráfia permitirá establecer el perfil litológico del pozo.

El método empleado para la perforación será el de rotación, utilizando una solución de bentonita en calidad de lodo de perforación.

Para las condiciones geológicas del lugar, este método tiene algunas ventajas tanto por los avances que se logran, como por la facilidad que ofrece para la ejecución de la diagráfia eléctrica, al término de la perforación piloto como parte del proceso constructivo del pozo, que en el presente caso es de mucha importancia para precisar la ubicación de los estratos permeables.

Como principal desventaja de este método es la formación de una costra de bentonita en la pared de perforación del pozo: pero que se supera con un buen

desarrollo del mismo: en este sentido se tomaran todas las medidas, incluyendo también la ubicación y longitud del filtro, a fin de excluir toda eventualidad de pérdidas de caudal por falta de desarrollo del pozo, formación de puentes arcillosos. etc.

Como es conocido, en la perforación a rotación, se utiliza lodo de perforación que se inyecta a presión, cumpliendo básicamente tres funciones: refrigerante de la herramienta de corte (trepano tricónico), estabilizador de la pared de perforación en materiales detríticos (arenas, gravas, etc.), y evacuador de la lama. En los trabajos se utilizará una solución de bentonita, con una viscosidad del orden de 20 - 25 seg. que es la recomendada para perforar en materiales como arena media y fina, como es el caso.

Durante la perforación, como se ha descrito se toman muestras alteradas de lama cada dos metros de avance y se van colocando en forma ordenada, para su posterior descripción, a fin de tener una idea de la granulometría de los estratos que se pasan durante la perforación, cuyos límites o contactos se precisan con la diagráfia eléctrica, la cual a su vez en forma generalizada permite diferenciar la permeabilidad entre los materiales de los acuíferos.

La profundidad de perforación deberá ser aproximadamente de ciento cuarenta y cinco metros (145 m), dado los resultados obtenidos en los Sondajes Eléctrico Verticales.

- **Rimado de la perforación de pozo 18"**

Consiste en el ensanchamiento del pozo piloto o exploratorio aprobado a satisfacción del Supervisor de la obra. El pozo será ensanchado por escariado hasta alcanzar la profundidad y diámetro específico.

Luego de la operación de ensanchamiento, el contratista dejara listo el hueco para que se mida la sección mediante un calibrador; si se comprueba que en cualquier punto el diámetro Φ es menor al especificado, el hueco deberá ser nuevamente ensanchado y luego medido.

- **Control del fluido de perforación**

El material utilizado por el Contratista para preparar el fluido de perforación consistirá en agua dulce no contaminada y una arcilla para perforar del tipo de la bentonita de sodio procesada comercialmente para satisfacer las especificaciones de viscosidad del AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE STD 13A for Drilling Fluid Materials.

Todos los demás aditivos del fluido de perforación que se usen deberán cumplir las normas y prácticas reconocidas en la industria y será aplicados y usados siguiendo las prescripciones del fabricante,

El programa de fluido de perforación será objeto de común acuerdo entre el Contratista y La Entidad, corresponde al Contratista mantener la calidad del fluido de perforar para asegurar la protección de las formaciones acuíferas o potencialmente acuíferas expuestas en el pozo.

- **Tubería de acero para pozo**

Estas partidas corresponden a una sola operación.

Se instalará en el pozo el entubado definitivo y comprende la instalación de los forros de Superficie de 18", el forro intermedio de 10", el tubo de F.G de 3" para la colocación de grava; los filtros que deben quedar expuestos frente a los estratos acuíferos más productivos, de acuerdo a diseño previamente aprobado.

Los forros usados en un pozo son definidos por su uso y se denomina "zapato" a la punta más baja del forro dentro del pozo y "tope" a la parte más alta. Todas las medidas de tubería en un pozo siempre son referidas a su "tope".

Características de las tuberías ciegas. (Sin ranuras)

Todas las tuberías usadas para el entubamiento definitivo del pozo deberían ser nuevas, sin abolladura o señales de corrosión. La tubería debería ser de acero dulce y deberá satisfacer las especificaciones ASTM A-53, ASTM A-120, API-5L o sus equivalentes nacionales o internacionales. Estas tuberías podrán ser tubos sin costura

prefabricada, o tubos hechos de plancha de acero rolados y soldados longitudinalmente con sus respectivos anillos de refuerzo en los extremos.

En el fondo del pozo, el entubado definitivo (laina) en una longitud mínima de 5.00 m. será necesariamente ciego, para constituir el colector de arenas.

No se permitirá doble entubación en tramos de acuíferos productores seleccionados para su explotación.

Método de conexión de las tuberías

Las tuberías serán unidas por medio de soldaduras de arco eléctrico reforzadas. Las uniones resultantes deberán ser rectas, estancadas al agua y deberán retener el 100 por ciento de la resistencia de la tubería. En el caso de entubaciones telescópicas, estas deberán ser unidas y soldadas con campanas reductoras. Solo en casos especiales y con aprobación del Supervisor, pueden ser traslapadas, en cuyos casos estas serán de 2 m. como mínimo.

Tubo de F°G° para la colocación de grava seleccionada

Son aquellos que se usan para colocar la grava seleccionada al pozo perforado y luego de instalado el cemento. Este tubo será soldado al tubo de forro de 10" en el proceso de colocación de este. Deberá llegarse hasta la profundidad programada asegurando un correcto proceso posterior de aplicación de la grava frente al acuífero explotable según el proyecto.

Aditivo de perforación de pozo

El material utilizado por el Contratista para preparar el fluido de perforación consistirá en agua dulce no contaminada y una arcilla para perforar del tipo de la bentonita de sodio procesada comercialmente para satisfacer las especificaciones de viscosidad del AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE STD 13 A for Drilling Fluid Materials.

Todos los demás aditivos del fluido de perforación que se usen deberán cumplir las normas y practicas reconocidas en la industria y será aplicados y usado siguiendo las prescripciones del fabricante.

Consiste en agregar esta mezcla al pozo como agente estabilizador, para adherir el lodo a las paredes del pozo y evitar derrumbes.

La dosificación propuesta por el contratista será aprobada por el Supervisor.

Aplicado el agente estabilizador, el pozo será mantenido así para asegurar la torta de lodo de las paredes del agujero.

Inyección de cemento tipo v para impermeabilizar el pozo

Concluida las actividades de perforación e instalada la tubería ciega de protección se procederá a la preparación de la lechada de cemento tipo V, el cual será colocado desde el fondo de la formación de protección del acuífero explotable hasta la superficie anular del pozo.

Al efectuarse los trabajos de cementación se tendrá especial cuidado en mantener constante el fluido de tal forma que cubra todo el espacio anular entra la formación natural y la tubería ciega.

Registro de diagrafi: resistividad y rayos gamma incluye diseño

Estos datos incluyen informaciones litológicas estratigráficas y estructurales, indicadores de la mineralogía y de la concentración de las menas e indicadores para la exploración geofísica a partir de la superficie.

Se realizará a fin de precisar los límites de los estratos filtrantes, característicos para el lugar, obtener controles de voltaje y resistencia eléctrica, diferenciar en forma generalizada la permeabilidad entre los materiales del acuífero.

Se presentarán graficas (resistividad VS. Profundidad) de las digrafías eléctricas, determinar el perfil litológico, permeabilidad.

Los resultados de la diagrapia servirán de base para el diseño del perfil técnico del pozo, vale decir, para determinar la ubicación correcta de los filtros en el encamisado tubular.

Terminado el pozo piloto dentro de este se corre dos tipos de sonda: la corta que precisara el tramo de baja mineralización de los estratos y la larga que determinara la zona de alta mineralización de los estratos; en base a esta información se diseña el perfil litológico y técnico del pozo. La metodología la detallamos a continuación:

El método empleado en la exploración de la estructura del perfil de un pozo es el de resistividades eléctricas, utilizando sondas de potencial en dos configuraciones: $R1 = A \ 0.40$

$N \ 2.40 \ M$ (Sonda Carta) y $R2 = A \ 0.80 \ N \ 4.80 \ M$ (Sonda Larga), con intervalo de registro cada 41 cm.

Mediante la diagrapia eléctrica se determina, en el perfil del pozo; los límites de separación de capas del subsuelo con diferente resistividad eléctrica. Cuando se trata de depósitos sueltos, los valores de la resistividad son indicadores indirectos de su

Granulometría y del grado de mineralización del agua que contienen.

La interpretación de las curvas diagrapia de resistividad aparentes obtenidas en el campo, se realiza mediante el análisis de su morfología y el carácter de la interrelación de las sondas Carta y Larga, así como de la influencia de la resistividad del agua utilizada para la perforación; lo cual se refuerza con los resultados y referencias de los estudios hidrogeológicos realizados para la zona.

DISEÑO DEL PERFIL TECNICO

Contando con los resultados de la diagrapia eléctrica, se define la ubicación de los filtros tubulares, partiendo de la premisa de extraer el mayor caudal de agua, considerando que los estratos acuíferos son predominantes de permeabilidad baja.

Para efectos de determinar la longitud del filtro, además de conocer la potencia de los acuíferos, se deberá definir la velocidad máxima permisible del ingreso del agua al pozo, así mismo se asumirá que la rajilla será "obstruida" por los filtros en un 50%, y fundamentalmente, primará la idea de excluir toda posibilidad que influya negativamente en la captación del máximo caudal.

FILTRO DEL POZO

Suministro e instalación de filtro de tubería acero inoxidable tipo puente trapezoidal 10"

Estas partidas corresponden al entubado definitivo portando los filtros que deben quedar expuestos frente a los estratos acuíferos más productivos, de acuerdo a diseño previamente aprobado.

Los forros usados en un pozo son definidos por su uso y se denomina "zapato" a la punta más baja del forro dentro del pozo y "tope" a la parte más alta. Todas las medidas de tubería en un pozo siempre son referidas a su "tope".

Forro de producción con filtro o lana de 14"

Compuesto por tubería ranurada o rejilla (filtro) más tubería ciega (espaciadores).

Se define como "tubería de producción con filtro" cuando se baja tubería ciega más filtro desde superficie al fondo productivo de agua, posicionando el filtro frente a las arenas productoras de agua.

Se define como "lana" a la combinación de espaciadores de tubería ciega más tubería ranurada o filtro cuyo tope de la lana queda posicionado a un mínimo de 7.5 metros por encima del "zapato" de la tubería intermedia, dejando un traslape de 7.5 metros entre la lana y la tubería intermedia. Siempre debe diseñarse la lana de tal manera que el filtro quede enfrente de las arenas productoras de agua y la tubería ciega frente al entubado intermedio y formaciones sin agua como arcillas, lutitas, etc.

Las rejillas o filtros usados en las "lanas" se tratan de perforación rotaria, los resultados de los análisis de las muestras nos dan una mejor idea de cuál es el tipo

óptimo de rejilla a usar, pero existe el gran inconveniente que muchas veces no se tiene en stock y la demora en traerla generalmente de Lima o importarla hace imposible usar las muestras para el diseño del filtro pues 01 pozo no se puede tener abierto por mucho tiempo.

Características de rejilla, filtro o tubería ranurada. Selección del tipo de rejilla.

Las rejillas para este pozo serán de acero inoxidable de 10" x 1/4" del tipo de ranura trapezoidal con luz de 1.5mm. máxima, AISC 304, Norma ASTM 409.

El Contratista deberá presentar al Supervisor la certificación de las características de los materiales y resistencia de los filtros a la profundidad de Instalación a ser utilizados, para su aprobación previa a su instalación en el pozo. No se permitirá el uso de ranura con soplete oxiacetilénico, cortadores mill o similares.

Tamaño de las aberturas de las ranuras

Las aberturas de las rejillas serán determinadas sobre las bases de la granulometría del terreno (para pozos perforados con sistema rotario) y del empaque de grava a utilizar, salvo indicación expresa.

En nuestro caso, al usar el sistema de perforación rotario, en el pozo se usará una rejilla con una luz o abertura mínima de 1.5 mm., que es la mínima que se encuentra en el mercado.

Longitud y posición de la Rejilla

En la figura "diseño del pozo", que es materia en este estudio, se determina con aproximación la posición de la rejilla.

Método de unión de rejilla con rejilla.

Las secciones de rejilla serán unidas mediante soldadura eléctrica, El Contratista empleará las varillas y métodos de soldadura recomendados por el fabricante de las

rejillas. Las uniones resultantes deberán ser rectas, estancas, y retener cien por ciento de la resistencia de la rejilla.

DESARROLLO DEL AIRE COMPRIMIDO

Desarrollo de pozo con aire comprimido (extracción de finos)

Desarrollo-Limpieza con Aire comprimido; tiene la finalidad de acomodar el pre filtro (grava) en las zonas aledañas al filtro, dejar el empaque de grava libre de finos. El equipo es una compresora de aire, manguera de conexión, tubería de inyección y tubería reductora; instalado el equipo se inyectará el aire, creando una emulsión de aire - agua, la que se expulsará a superficie hasta que el agua salga libre de finos.

El desarrollo del pozo tiene por finalidad evacuar el lodo de perforación y derruir la costra formada en la pared de perforación al pasar los estratos acuíferos, devolviendo a estos sus características naturales de filtración.

El desarrollo se ejecutará por el método de inyección de aire a alta presión utilizando una compresora, y con recirculación de agua desde la superficie a través del pre filtro, iniciándose la inyección de aire en el tramo filtrante de mayor profundidad, de abajo hacia arriba.

La limpieza y evacuación de partículas arcillosas y arenas se ejecutará por el sistema “air lift”, utilizando el equipo de inyección de aire comprimido.

Durante el desarrollo con aire comprimido, se practicará la alternancia de inyección de aire propiamente dicho, con la extracción de agua para el sistema de air lift; continuando con esta labor hasta lograr la completa clasificación del agua.

Cada filtro se lavará con chorro de agua limpia y se aplicara Tripolifosfato de Sodio o el Aqua - Clear que son químicos para disolver lodos, arcillas que puedan quedarse en la zona de admisión del pozo; finalmente se completara el desarrollo con bombeo de aire y pistoneo frente a los filtros hasta la obtención de agua limpia en superficie. Este proceso durante aprox. 72 Hrs. o más si las condiciones del pozo las requieren.

SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE GRAVA SELECCIONADA 1/4" A 1/8"

Características físicas

La grava consistirá de partículas limpias, firmes, durables, basalto y bien redondeadas, con tamaño de grano y granulación seleccionados. La granulometría será establecida en el estudio definitivo del pozo, en función a los análisis granulométricos de la formación acuífera y a las aberturas de las rejillas de captación, debiendo esta ser aprobada por el Supervisor, y no se aceptará una desviación del tamaño superior al 15%. Sin embargo, se ha considerado preliminarmente entre 1/8" – 1/4" el diámetro de la gravilla. La roca triturada no es aceptable como material para filtro de grava, pero las gravas de río tamizadas de una fuente local podrían ser aceptables.

El material no deberá contener más del 5% en volumen de materiales solubles en ácido clorhídrico al 10%.

La grava deberá tener la siguiente relación de granulometría con los porcentajes en volumen que se indican:

TAMAÑO	%	VOLUMEN
0.75 – 1.50	10	7
1.50 – 2.00	40	28
2.00 – 2.50	40	28
2.50 – 3.00	10	7

Espesor del filtro de grava.

El espesor del filtro de grava que ocupa el espacio anular entre la rejilla y la pared del pozo no será menor de 3 pulgadas.

Almacenamiento del material del filtro de grava

El material del filtro de grava será entregado a granel; y se almacenará sobre una superficie cubierta con un material limpio, como por ejemplo plástico o lona. El material del filtro de grava a su vez será cubierto de manera similar para evitar cualquier contaminación de la superficie. Alternativamente la grava puede ser entregada en bolsas a fin de evitar su contaminación.

Desinfección del material del filtro da grava

El Contratista se hará responsable de asegurar que el material de filtro de grava sea adecuadamente desinfectado durante la instalación.

Suministro y aplicación de tripolifosfato de sodio

Consiste en agregar polifosfatos al pozo como agente para dispersar el lodo adherido a las paredes del pozo, el lodo residual de perforación y en especial en las formaciones productoras y engravadas en el intervalo ranurada del casing; este producto químico se aplicará frente a los filtros del pozo.

Las polifosfatos usadas serán hexametofosfato sódico, tripolifosfato sódico, septafosfato sódico o piro fosfato tetrasódica. La dosificación propuesta por el contratista será aprobada por el Supervisor,

Aplicado el agente dispersor, el pozo será agitado por medio de golpes de ariete para desprender la torta de lodo de las paredes del casing.

ANÁLISIS Y PRUEBA DE POZO

Análisis físico químico del agua

Durante la prueba de bombeo deberá extraerse dos muestras de agua como mínimo.

Una de dos (2) litros como mínimo para análisis físico químico, los cuales deben ser efectuados en laboratorios oficiales. Los análisis deberán permitir evaluar la calidad del agua sobre la base de las normas Internacionales de potabilidad, estos análisis incluirán metales y serán efectuados por un Laboratorio acreditado para tal fin por INDECOPI.

El procedimiento para extraer la muestra se ejecutará con recipientes debidamente esterilizados otorgados por el Laboratorio especializado, ello permitirá resultados más confiables.

Análisis bacteriológico del agua

No es un análisis obligatorio en este caso, al ser agua para uso agrícola, sin embargo, es importante conocer estos resultados. Durante la prueba de bombeo deberá extraerse dos muestras de agua como mínimo de media (1/2) litro para análisis bacteriológico, los cuales deben ser efectuados en laboratorios oficiales. Los análisis deberán permitir evaluar la calidad del agua sobre la base de las normas internacionales de potabilidad.

Análisis granulométrico del pozo

Identificación, almacenaje y traslado

Las muestras obtenidas de la formación inmediatamente después de haber sido colocadas

dentro del recipiente, serán etiquetadas claramente, ya sea escribiendo directamente sobre la superficie del recipiente o en una tarjeta adherida al mismo, usando tinta, lápiz indeleble u otro medio que sea resistente a la humedad y a la luz solar. La etiqueta no debe ser fácilmente removible del recipiente. El Contratista será responsable por el almacenamiento seguro de las muestras obtenidas de la formación hasta tanto sean aceptadas por el Supervisor.

Análisis de gradación

Una muestra de cada intervalo muestreado correspondiente a sectores representativos del

acuífero saturado será empleada por el Contratista para el análisis granulométrico, usando mallas estándar aprobadas por el Supervisor.

Cada muestra analizada será representada en dos (2) tipos de gráficos; uno a escala semi logarítmica y otra escala aritmética, los que servirán respectivamente para ajustar la descripción litológica del material acuífero y para el diseño de los filtros (Solo se aplica para la perforación con equipo rotatorio) y del pre filtro de grava.

Los Análisis de las muestras, deberán ejecutarse con el laboratorio de una entidad de prestigio.

Prueba de bombeo interrumpido

Se determinará en esta prueba el rendimiento óptimo y seguro de explotación del pozo para tal efecto se medirán los descensos del nivel de agua en función del tiempo de bombeo para diferentes caudales. El Supervisor dará aprobación al Contratista para conducir la prueba cuando el pozo haya sido completado y su verticalidad y alineamiento aprobadas. Antes de la prueba se medirá el nivel estático del agua.

El Contratista proveerá un equipo de bombeo con capacidad de extraer caudales variables de acuerdo lo indicado por el Supervisor. El equipo de bombeo constituido por bomba turbina de eje vertical y motor estacionario DIESEL, deberá estar en buen estado de conservación y de funcionamiento y será capaz de operar sin interrupciones por un periodo mínimo de 72 horas. La canastilla de la bomba deberá estar instalada a 10m sobre el tope de la rejilla o laina como mínimo.

En la tubería de descarga del pozo se instalará un caudalímetro, tubo Pitot, orificio circular con tubo piezómetro u otro dispositivo que permita una buena medida del caudal a extraer.

Durante la prueba será sometido a producción durante 72 horas continuas, como mínimo y por lo menos a cuatro (04) regímenes distintos, en forma escalonada. El cambio del régimen se efectuará solo cuando se obtenga estabilización de los niveles del agua y se establecerá cada 5 a 10 litros por segundo de caudal y con aprobación del Supervisor que podrá ordenar pruebas de bombeo complementarias con fines de determinación de parámetros hidrogeológicos del acuífero y de evaluación de la eficiencia hidráulica de acuífero.

Pruebas abortadas

Cuando se haya especificado un bombeo continuo a régimen uniforme la no-operación de la bomba o desviaciones mayores del 5% en el régimen de descarga, obligará a suspender la prueba hasta que el nivel del agua del pozo bombeado haya recuperado su nivel original.

La prueba será entonces reiniciada desde un inicio con una duración intervalo de prueba. Si la bomba fallara durante la prueba, el Contratista reiniciara la prueba siguiendo instrucciones del Supervisor.

Registro de las pruebas de bombeo

El Contratista llevara registros precisos de las pruebas de bombeo y entregara copias de todos los registros a la Supervisión al término de las pruebas. La Supervisión también tendrá acceso a los registros para su Inspección en cualquier instante de la prueba. Para la prueba, el registro incluirá datos físicos con una descripción de las características de instalación de la bomba tales como entre otra: profundidades, descripción completa de la rejilla, su longitud y posición; una descripción del punto de medición y su altura; precisión y los métodos usados para medir los niveles de agua y los regímenes de bombeo. Los registros de las mediciones incluirán la fecha de la prueba, la hora y el tiempo transcurrido de bombeo entre una y otra medición. La profundidad del agua por debajo de la punta de medición, el régimen de bombeo o en el instante de este y cualesquiera comentarios o condiciones pertinentes que pudieran afectar las mediciones.

La frecuencia de las mediciones del nivel del agua antes, durante y después del bombeo será según lo especificado por el Supervisor.

Limpieza y lavado

Una vez terminada la prueba de bombeo, se eliminará toda la arena y desechos del pozo. El pozo será tapado soldando una plancha de acero de 1/4" o más de espesor al extremo superior del entubamiento, y en todo su perímetro. La tubería deberá sobresalir 0.50 m. sobre el nivel del terreno.

Cálculo de la curva de rendimiento

Se calculará y graficará (Caudal VS Abatimiento) con la información obtenida en campo en la ejecución de la prueba de bombeo; como datos se tomarán los correspondientes a los caudales menor y mayor obtenidos durante la prueba de bombeo y sus respectivos abatimientos.

Con la gráfica de la curva de rendimiento definida, al plotear el caudal máximo de operación se obtiene un abatimiento, que al sumar el nivel estático da un nivel dinámico.

Selección del caudal de explotación

Generalmente para elegir el caudal de explotación se analiza la interrelación de varios parámetros, como son: Longitud sumergida y porosidad del filtro tubular, granulometría del empaque de grava y ancho de la ranura del filtro, posición del nivel dinámico, a fin de obtener una velocidad de ingreso del agua no mayor de 1 cm/s. velocidad máxima permisible para las arenas finas.

Parámetros principales del equipo de bombeo

Habiendo definido el caudal de operación y considerando el bombeo del agua hasta la superficie se determina la altura dinámica total.

Por cuanto el agua deberá ser bombeada a cotas más altas y distanciadas del pozo. Se deberá precisar la potencia del equipo de bombeo incluyendo en el cálculo las pérdidas por fricción en la conducción y el desnivel topográfico real desde el pozo hasta el punto de entrega del agua.

Para efectos del montaje de la bomba, en el caso de una electrobomba sumergible, deberá preverse la instalación de una camiseta de inducción del flujo para garantizar la refrigeración del motor eléctrico sumergible; así mismo con el fin de prevenir la formación de zonas con alta velocidad del agua frente a los filtros es deseable que el ingreso del agua hacia la bomba se ubique a una profundidad adecuada, dentro del tubo ciego a fin de disminuir la posibilidad del arrastre de arena por efecto del torbellino hidráulico.

Prueba de verticalidad y alineamiento

Las perforaciones y los entubados deberán ser redondos verticales y alineados. Para demostrar el cumplimiento de este requisito, el Contratista proporcionara la mano de

obra y equipo y efectuara la prueba que se describe más abajo de la manera ordenada por el Ingeniero a satisfacción de este.

El resultado de la prueba deberá ser presentado en cuadros y gráficamente y deberá evidenciar que es posible el ingreso libre de la bomba, por lo menos basta unos diez (10) metros sobre el tope de la rejilla o laina.

La prueba de verticalidad y alineamiento se ejecutara una vez terminada la construcción del pozo, y antes de instalarse el equipo de bombeo de prueba. Si el Supervisor estima necesario se efectuara otra prueba de verticalidad y alineamiento después de efectuado el bombeo de prueba.

Método de prueba de alineamiento

El alineamiento se probará haciendo descender dentro del pozo y hasta el fondo, una sección de tubería recta de 7.2 metros de largo de la tubería de producción que se bajará o una tubería simulada equivalente. El diámetro exterior de la tubería de prueba o simulada será de

13 mm. más pequeño que el diámetro interior de aquella parte del entubamiento del pozo que se está probando en una longitud de 0.60 m. como mínimo, tipo conejo. La tubería de prueba o tubería simulada al descender por el entubamiento deberá pesar libremente y sin atascarse hasta el tope de la rejilla.

La prueba de verticalidad se ejecutará con una plomada cuyo diámetro será 10 mm menor que el diámetro interior del entubamiento del pozo. La plomada será suspendida de una polea centrada exactamente sobre el centro del pozo perforado y a una altura mínima de 3 metros sobre la boca del pozo. A medida que se hace descender la plomada en el interior del pozo, se medirá la deflexión del cable de soporte de la plomada con respecto al centro del entubado, y la desviación de la plomada desde el centro se determinará mediante el método de triángulos semejantes.

La prueba de verticalidad del pozo se efectuará una vez que se termine la perforación y la medición se hará a intervalos de 2 metros (se llevaran y mantendrán registros de las lecturas de las deflexiones y cualesquiera otros datos pertinentes que formaran parte del registro permanente del pozo).

En caso que la tubería simulada (igual al menor diámetro de la tubería de producción que se estima bajar) no pudiera desplazarse libremente a través del tramo más bajo donde se estime bajar la bomba; el contratista arreglara el problema por su propia cuenta. En caso de no poder lograrlo, no se pagará este trabajo y el Contratista será instado a abandonarlo y a perforar otro pozo en un entorno de 5m alrededor del pozo abandonado, con iguales características. El pozo abandonado deberá ser rellenado y sellado por el Contratista desde el fondo del pozo hasta la superficie.

Evaluación de agua de prueba

Localización de la descarga.

El agua descargada será conducida desde la bomba a la zona apropiada (cuerpo receptor),

aprobada por el Supervisor y se efectuaran trabajos de protección de ser el caso.

El agua de pozo será conducida a través de tuberías aprobadas o acequias revestidas para evitar la recirculación del agua.

Es imperativo asegurar que no se cause ningún daño por Inundación o erosión a la estructura de drenaje o sitios de disposición escogidos.

Limpieza y protección del pozo

Limpieza final y eliminación de desmonte aporte de columna

Al terminar con el proceso de perforación, se deberá hacer la limpieza del área de trabajo, asimismo se tendrá que eliminar todo el material, producto de la perforación que se encuentre dentro de la zona del proyecto.

Sello metálico de la boca del pozo

Al terminar con las pruebas del pozo se soldara una plancha de ¼” en la boca de pozo, para evitar posibles entradas de materias extraídas al interior. La boca del pozo deberá quedar como mínimo a 50 cms. del nivel del terreno natural.

Cualquier accesorio o dispositivo que permitan acceso al pozo deberán también satisfacer los anteriores requisitos de elevación sobre el terreno y serán sellados o enrejillados de manera de impedir el ingreso de materias extrañas o contaminantes.

El terreno que circunda Inmediatamente la parte superior del tubo de revestimiento del pozo formara un talud alrededor del tubo, excepto los orificios de acceso para efectuar mediciones, introducir grava y boquillas para la lechada de cemento, si fueran necesarios, debiendo ser instalados de conformidad con estas especificaciones.

Desinfección de pozo tubular

Generalidades

El equipo y herramientas de perforación de pozos deben mantenerse limpios. El agua usada como fluido de perforación debe ser limpia y libre de material orgánico y/o minerales.

Si bien es posible hacer una desinfección parcial del sistema del pozo durante las pruebas, toda construcción de pozos debe culminar con una desinfección completa del pozo, eliminando cualquier posibilidad de contaminación.

Programación de la desinfección

El Contratista dispondrá la desinfección del pozo tan pronto hayan terminado los procedimientos de construcción y limpieza del pozo. El Contratista ejecutara procedimientos de limpieza adecuados inmediatamente antes de la desinfección donde se tenga evidencias de que los trabajos normales de construcción y desarrollo del pozo no hayan conseguido limpiar adecuadamente el pozo. Cualesquiera, aceites, grasas, tierras, y otros materiales que pudieran alojar y proteger a las bacterias de los desinfectantes serán eliminados del pozo.

Desinfectante

El desinfectante a usar será el "HIPOCLORITO DE CALCIO al 70%". El desinfectante será despachado al sitio de la obra en recipientes originales sellados con sus etiquetas originales indicando el porcentaje de cloro disponible.

La cantidad de compuestos de cloro usada para la desinfección será lo suficiente para producir un mínimo de 100 mg/lit de cloro disponible en solución una vez mezclado con el volumen de agua en el pozo.

Procedimiento de Desinfección

El procedimiento de desinfección incluirá entre otros: provisión de medios confiables para asegurar que el agente desinfectante sea aplicado uniformemente en toda la columna de agua del pozo sin tener que recurrir a subsecuentes acciones mecánicas o de agitación para dispersar al desinfectante y dispersión del desinfectante vertiendo en el pozo un volumen de agua igual al volumen de la sección enrejillada del pozo después que se ha emplazado el desinfectante. Este proceso hará que el desinfectante fluya fuera del pozo penetrando en el área adyacente a la rejilla.

Todas las porciones accesibles del pozo por encima del nivel del agua se mantendrán en una condición húmeda con agua que contenga la concentración requerida de agente desinfectante durante un periodo de no menos de 20 minutos.

El agente desinfectante será dejado en el pozo durante un periodo de cuando menos 12 horas. Después de un periodo constante de 12 horas o más, se bombeará el pozo para eliminar el agente desinfectante. El punto de disposición para el agua así purgada será escogido y aprobado por la Supervisión, de tal manera de minimizar el posible daño a la vida acuática o vegetación.

Requerimientos para la desinfección de la bomba de prueba

En caso de que la bomba de prueba sea instalada después de la desinfección del pozo todas sus partes exteriores deberán ser lavadas o espolvoreadas con un compuesto de cloro.

Protección de la calidad del agua

El Contratista deberá tomar las precauciones del caso, para prevenir el ingreso de aguas superficiales en el acuífero a través del pozo, o la filtración del agua de mala calidad de acuíferos indeseables al acuífero que alimenta al pozo. En caso de que aguas con características físicas indeseables (tales como las que contienen

gasolina, grasa combustibles, diésel u otras materias extrañas) se introdujeran al pozo o en caso de que aguas de mala calidad se infiltraran a la zona de producción del pozo, el contratista deberá eliminar o aislar el agua de mala calidad.

Agua de mala calidad de fuentes naturales

Se identificará la zona o intervalo que produce el agua de mala calidad y el Contratista deberá sellar la zona mediante un tapón de lechada de cemento u otros métodos aprobados por la Supervisión.

Agua de mala calidad por negligencia del Contratista

En caso de contaminarse el pozo o en caso del ingreso de aguas con características químicas indeseables en el pozo por negligencia del Contratista, este deberá entonces emprender por su propia cuenta y riesgo todas las obras necesarias y suministro de entubado, sellos, agentes esterilizantes u otros materiales necesarios para eliminar la contaminación; 48 horas después del intento de corregir la contaminación, la Supervisión exigirá las pruebas necesarias, cuyos costos serán cubiertos por el contratista para determinar si las medidas correctivas tuvieron el resultado deseado.

Sello de fondo de pozo tubular

Se colocará un tapón de cemento en el fondo de la lina, para evitar Intrusión de agua por el fondo de la misma. En todo momento durante el proceso del trabajo, el Contratista adoptara las precauciones razonables para evitar intromisiones en el pozo o el ingreso de materias extrañas dentro del mismo. La protección tendrá una altura de 2,40 m.

Sello sanitario en espacio anular

Culminado el proceso total de la perforación, el Contratista procederá a la construcción de una losa de concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ de 30 cm. de espesor y de 1.00 m. x 1.00 m.

Esta plataforma será luego retirada con cuidado en el proceso de construcción del piso terminado de la caseta evitando la inclusión de elementos extraños al interior del pozo.

PLANILLA DE METRADOS.

Para la construcción de un pozo tubular típico se propone la siguiente planilla de metrados.

CUADRO N° 17: Planilla de Metrados del Pozo Tubular Tipico Preliminar

Ítem	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Total
1.00	Trabajos Preliminares				S/. 5,784.00
1.01	Limpieza y acondicionamiento del terreno	m2	S/. 2.00	200.00	S/. 400.00
1.02	Instalación de campamento	glb	S/. 500.00	1.00	S/. 500.00
1.03	Transporte de equipo de perforación	glb	S/. 4,500.00	1.00	S/. 4,500.00
1.04	Excavación y preparación de pozas de lodo	m3	S/. 32.00	12.00	S/. 384.00
2.00	Perforación del pozo				S/. 63,000.00
2.01	Perforación de pozo exploratorio de 8"	ml	S/. 300.00	70.00	S/. 21,000.00
2.02	Rimado del pozo de 12"	ml	S/. 600.00	70.00	S/. 42,000.00
3.00	Suministro de tuberías y filtro				S/. 18,000.00
3.01	Suministro de tubería de 8" x 1/4"	ml	S/. 240.00	75.00	S/. 18,000.00
4.00	Instalación de tubería y filtros				S/. 2,250.00
4.01	Instalación de tubería de 8"	ml	S/. 50.00	30.00	S/. 1,500.00
4.02	Preparación e instalación de filtro trapecoidal de 8"	ml	S/. 50.00	15.00	S/. 750.00
5.00	Suministro de Cemento				S/. 460.00
5.01	Suministro de cemento tipo V	bls	S/. 23.00	20.00	S/. 460.00
6.00	Cementación del pozo				S/. 3,500.00
6.01	Cementación con bombeo de lechada de cemento	glb	S/. 3,500.00	1.00	S/. 3,500.00
7.00	Desarrollo y engravado del pozo				S/. 4,630.00
7.01	Pistoneo mecánico y/o rotativo	hrs	S/. 120.00	24.00	S/. 2,880.00
7.02	Suministro y colocación de grava seleccionada	m3	S/. 350.00	5.00	S/. 1,750.00
8.00	Prueba de bombeo				S/. 12,300.00
8.01	Transporte de bomba	glb	S/. 1,500.00	1.00	S/. 1,500.00
8.02	Prueba de bombeo	hrs	S/. 150.00	72.00	S/. 10,800.00
9.00	Tapón de fondo				S/. 400.00
9.01	Tapón de fondo de cemento	glb	S/. 400.00	1.00	S/. 400.00
Costo Directo =					S/. 110,324.00
IGV (18%) =					S/. 19,858.32
Costo Total =					S/. 130,182.32

CRONOGRAMA DE EJECUCION DE LA OBRA.

CUADRO N° IV-18: Cronograma de Ejecución de la Obra

ITEM	DESCRIPCION	DIAS DE TRABAJO																							
		PRIMERA SEMANA						SEGUNDA SEMANA						TERCERA SEMANA						CUARTA SEMANA					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
01	<u>Obras Provisoriales</u>																								
02	<u>Trabajos Preliminares.</u>																								
03	<u>Perforacion del Pozo</u>																								
04	<u>Tuberia PVC Clase 10 para el Pozo</u>																								
05	<u>Filtro del Pozo</u>																								
06	<u>Desarrollo del Pozo con Aire Comprimido.</u>																								
07	<u>Analisis y Prueba de Bombeo.</u>																								
08	<u>Limpieza y proteccion del Pozo</u>																								

Elaboración Propia.

4.2. Discusión.

La zona de investigación se ubica sobre la cuenca sedimentaria Sechura dentro del perímetro de interés la estratigrafía esta constituida por rocas sedimentarias de edades cenozoicas cubiertas por materiales de origen eólico de edad más reciente pertenecientes al cuaternario. Determinándose la existencia de 5 horizontes geológicos siendo los de mayor importancia para la investigación los horizontes 2 y cuatro.

La hidrología se encuadra en la cuenca del río Piura siendo este una importante fuente de alimentación de los acuíferos en la zona.

Las características hidrogeológicas de la zona de investigación resuelven la existencia de dos mantos acuíferos, uno superior ubicado en el horizonte N°2 correspondiente a un acuífero de tipo libre a una profundidad promedio de 25.00m hasta 70.00m. con una litología de arena gruesa, gravas y guijarros de origen cuaternario pleistocénico. El segundo manto acuífero ubicado en el Horizonte N°4 es de tipo semiconfinado ubicado en la formación zapallal superior conformado por materiales de alta permeabilidad.

En cuanto a la calidad de agua se puede reconocer por correlación de fuentes de agua subterránea y por los valores de resistividad de la prospección geofísica que el acuífero mas recomendable es el de tipo semiconfinado.

Se tiene por resultado condiciones favorables para el aprovechamiento de recursos hídricos subterráneos en el sector teniendo en cuenta el buen proceso de construcción de la obra a fin de evitar la contaminación o mal funcionamiento del pozo.

CONCLUSIONES.

Desde el punto de vista geológico, el acuífero semiconfinado corresponde a la unidad geológica denominada Formación Zapallal; siendo el sustrato impermeable el basamento paleozoico.

El acuífero Zapallal está constituido por diversos tipos de materiales, destacando la presencia de areniscas con cemento calcareo y niveles de microconglomerados con características de porosidad y permeabilidad buenas.

La investigación geofísica fue ejecutada mediante el método de la resistividad eléctrica en su variante SEV, con su configuración Schlumberger tetraelectródica. Habiéndose ejecutado 06 SEVs. Concluyendo que el acuífero donde se ubica el predio de la. están conformados por sedimentos cuaternarios que forman llanuras aluviales formadas por arenas de origen eólico en la parte superficial con arenas gruesas y finas hacia el interior.

La geofísica permitió determinar 05 horizontes geoeléctricos (capas) con diferente espesor y permeabilidad:

Horizonte H1. Constituida por arena eólica de grano fino a medio, con intercalaciones delgadas de arena arcillosa e inclusiones de grava. Es una capa seca de mediana permeabilidad.

Horizonte H2. Se caracteriza por su contenido de arena media a gruesa con inclusiones de grava y guijarros, con intercalaciones delgadas de arcilla. Capa de alta permeabilidad saturada con agua de mediano grado de mineralización. Acuífero libre.

Horizonte H3: Constituida por arcilla arenosa pesada con inclusiones de grava y guijarros y con intercalaciones de grava. Capa de muy baja permeabilidad.

Horizonte H4: Conformada por arena de grano grueso con inclusiones de grava y guijarros y cantos rodados. Capa de alta permeabilidad saturada con agua de bajo grado de mineralización. Acuífero principal de tipo confinados.

Horizonte H5: Capa de fondo conformada por arcilla pura impermeable, basamento hidrogeológico.

En el área de estudio el flujo dominante de agua subterránea es de Noroeste a Sureste con una gradiente hidráulica estimada en 0.35 %.

La napa freática que subyace en los pozos evaluados se ubica entre 2.81 y 18.75 m; siendo los niveles de los pozos proyectados de 20 m.

De la evaluación hidrodinámica en el pozo AGUA POTABLE CURA MORI, se obtiene una Transmisividad promedio de 6.945×10^{-3} m²/s y el Coeficiente de Permeabilidad promedio es

5.787×10^{-5} m/s. Así mismo el radio de influencia calculado varía entre 216.00 m. y 1060.00 m. para periodos de bombeo de 1 a 24 horas, respectivamente.

El agua del subsuelo en el área del proyecto es de Calidad C3S1; es decir agua con elevado riesgo de salinidad y bajo riesgo de sodicidad, siendo apta solo para suelos con buen drenaje, así como para la mayoría de cultivos; teniendo cuidado con los que no tienen mucha tolerancia a las sales.

La C.E. de los pozos utilizados evaluados varían de 0.13 a 1.12 mmhos/cm + 25°C valores que ubican a las aguas en la clasificación de bajo a alto grado de salinidad.

De acuerdo con el análisis físico- químico de las muestras de agua tomada en los pozos del inventario, se obtuvo los Ph = 6.70 – 6.90 (agua ácida), de calidad Sódica Clorurada y en cuanto a su dureza se clasifica como Semiblanda.

El pozo atenderá la demanda de agua necesaria para el AA. HH Nuevo Santa Rosa. La prospección geofísica nos muestra un caudal de 30 lts/seg.; por lo que se tiene el siguiente Cuadro de Régimen de Explotación:

Volumen de Agua (m³/año)													Total (m³/año)
Servicios	Meses												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic	241920.00
Básicos	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	20160	

Teniendo en cuenta las características hidrogeológicas del lugar, en una primera etapa se ha proyectado la perforación de cuatro pozos tubulares a inmediaciones de los SEV 4 los cuales presentan las mejores características (espesores de capas permeables y resistividades), en los puntos de coordenadas UTM (Datum WGS - 84), siguientes:

Pozos Proyectados	SEV	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
Pozo 1	4	542 450	9 410 519

La profundidad a la que debe llegar los pozos se ha determinado preliminarmente en 145.00 m (SEV 4); pudiendo modificarse de acuerdo a las características del material que se encuentre durante la perforación.

RECOMENDACIONES.

Durante la perforación se deberán estudiar las muestras de los materiales a extraerse del acuífero con la finalidad de:

- ❖ Determinar su granulometría
- ❖ Definir las características de la grava alrededor de las rejillas
- ❖ Determinar la ubicación de los tramos en donde deberán colocarse las rejillas.

Las muestras deberán extraerse cada dos metro de profundidad y cada vez que ocurra un cambio de la litología.

El sistema de perforación recomendado es el de rotación inversa, pudiendo alcanzar una profundidad de 145.00 m., con un diámetro de 18”.

La tubería debe tener un diámetro de 10”; siendo la tubería ciega e inoxidable.

Realizar prueba de verticalidad y alineamiento del pozo en toda su longitud.

El desarrollo del pozo debe efectuarse por el método del pistoneo o por inyección de aire comprimido, en un tiempo mínimo de 24 horas, pudiendo ampliarse con desarrollo por bombeo, también de 24 horas. Al final realizar la limpieza respectiva, debiendo quedar el pozo en la profundidad perforada.

La prueba de rendimiento, como mínimo debe ser de 72 horas continuas, por lo menos a 3 regímenes distintos.

Como resultado de los análisis de las muestras de suelo, calidad del agua y diagráfia durante la etapa de perforación, se determinará la ubicación y distribución definitiva de los filtros y la profundidad final que deberá alcanzar el pozo.

Con respecto a las Rejillas, las principales propiedades a exigir de la rejilla son las siguientes:

- ❖ Su área abierta.
- ❖ La configuración de su abertura (ranura).

- ❖ Su resistencia mecánica.
- ❖ Los materiales con que ha sido construida.

El diseño tentativo del pozo sólo es preliminar, mientras que el definitivo, se determinará en base a los resultados de la perforación, diagráfia y análisis granulométricos del acuífero.

El éxito o fracaso de un pozo depende exclusivamente de las características hidrogeológicas del acuífero además de la calidad técnica de su construcción, por lo que se recomienda que su ejecución sea dirigida y supervisada técnicamente por un especialista en ingeniería de Pozos autorizado por la Autoridad Nacional del Agua.

ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

<p>Título: “Exploración Hidrogeológica para Aprovechamiento de Agua Subterránea en el AA. HH Nuevo Santa Rosa, Distrito de Cura Mori, Provincia y Departamento de Piura”</p> <p>Nombre del Tesista: Br. Dalia Lizbet Flores Huancas</p>				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/Indicadores	Metodología
<p><u>General</u></p> <p>¿La escasez de recursos hídricos superficiales en las nuevas zonas que habitan los pobladores del AA. HH Nuevo Santa Rosa para poder alcanzar un desarrollo socioeconómico como cualquier otra comunidad?</p> <p><u>Específicos</u></p> <p>1.- interpretar la geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología en la zona del proyecto y determinar la dinámica del acuífero</p> <p>2.- Determinar la profundidad y espesores del reservorio acuífero aprovechable en la zona investigada.</p>	<p><u>General</u></p> <p>Mediante el analisis de las características geológicas e hidrogeología y el método geofísico de resistividad, sustentar la posible ejecución de una obra de captación de recursos hídricos subterráneos</p> <p><u>Específicos</u></p> <p>➤Evaluar las condiciones estratigráficas del subsuelo mediante la ejecución de (06) sondajes eléctrico verticales (SEV's) en el terreno donde se busca la construcción de una obra de captación.</p>	<p><u>General</u></p> <p>¿En los alrededores de la zona de investigación se tiene como principal solución al problema que enfrenta el asentamiento humano, la construcción de muy buenas obras de captación lo cual puede ser también muy favorable y para ello se realizara la investigación pertinente?</p> <p><u>Justificación e Importancia</u></p> <p>El déficit de agua que enfrenta la población amerita la investigación en busca de recursos hídricos en el subsuelo y poder abastecer a las familias del AA. HH Nuevo Santa Rosa.</p>	<p>Unidad de análisis: Hidrodinámica subterránea</p> <p>Variable dependiente: Estudio Hidrogeológico</p> <p>Dimensiones: Resistividad eléctrica de las capas geológicas. Prueba de rendimiento del Acuífero.</p> <p>Indicadores: Cuantificar los valores obtenidos en los trabajos de campo.</p>	<p>Enfoque: cualitativo y cuantitativo</p> <p>Nivel: Correlacional</p> <p>Tipo: Básica/Aplicada</p> <p>Métodos: -Recopilación de información -Trabajo de campo - Etapa de gabinete</p> <p>Técnicas e instrumentos Ejecución de sondajes eléctrico verticales (SEV's)</p> <p>Procesamiento de datos: - resistividad verdadera y determinación del tipo de materiales.</p> <p>De análisis: Químico analítico</p> <p>Población: Horizonte de suelos.</p> <p>Muestra: Valores de resistividad.</p> <p>Procedimientos Se recopiló información de la zona. Se realizó un mapeo geológico. Se realizaron SEV's De toda la información recopilada, se hizo un informe detallado.</p>

ANEXO N° 2: PRUEBA DE BOMBEO

PRUEBA DE DESCENSO

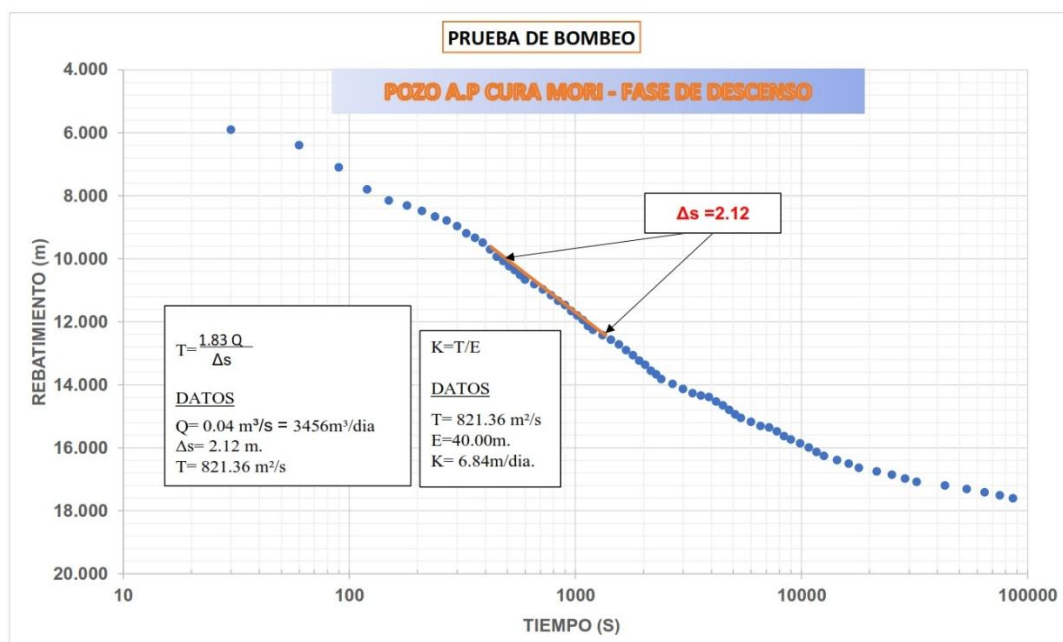
Departamento:	Piura	Provincia:	Piura	Distrito:	Cura Mori
Coordenadas UTM WGS84		Este:	537065	Norte:	9411275
Nombre del Pozo:	A.P Cura Mori	Ejecutor:	Dalia Flores	Fecha:	Set 2018
N° IRHS:	4	N.E (m):	19.3	P.R (m):	-0.45
Prof. Del Pozo (m):	120.00 m				

TIEMPO			Q (m³/seg)	DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg		Nivel ref. descenso	Nivel descenso	Rebatimiento
				19.300	18.850	
		0	0.04	23.800	23.350	4.500
		30	0.04	25.200	24.750	5.900
	1	60	0.04	25.700	25.250	6.400
		90	0.04	26.400	25.950	7.100
	2	120	0.04	27.100	26.650	7.800
		150	0.04	27.450	27.000	8.150
	3	180	0.04	27.610	27.160	8.310
		210	0.04	27.780	27.330	8.480
	4	240	0.04	27.960	27.510	8.660
		270	0.04	28.090	27.640	8.790
	5	300	0.04	28.270	27.820	8.970
		330	0.04	28.490	28.040	9.190
	6	360	0.04	28.640	28.190	9.340
		390	0.04	28.790	28.340	9.490
	7	420	0.04	29.010	28.560	9.710
		450	0.04	29.230	28.780	9.930
	8	480	0.04	29.380	28.930	10.080
		510	0.04	29.540	29.090	10.240
	9	540	0.04	29.660	29.210	10.360
		570	0.04	29.810	29.360	10.510
	10	600	0.04	29.960	29.510	10.660
		660	0.04	30.110	29.660	10.810
	12	720	0.04	30.280	29.830	10.980
		780	0.04	30.460	30.010	11.160
	14	840	0.04	30.640	30.190	11.340
		900	0.04	30.770	30.320	11.470
	16	960	0.04	30.960	30.510	11.660
		1020	0.04	31.100	30.650	11.800
	18	1080	0.04	31.240	30.790	11.940
		1140	0.04	31.430	30.980	12.130
	20	1200	0.04	31.560	31.110	12.260
		1320	0.04	31.730	31.280	12.430
	24	1440	0.04	31.870	31.420	12.570
		1560	0.04	32.020	31.570	12.720
	28	1680	0.04	32.200	31.750	12.900
		1800	0.04	32.360	31.910	13.060
	32	1920	0.04	32.530	32.080	13.230
		2040	0.04	32.670	32.220	13.370
	36	2160	0.04	32.860	32.410	13.560
		2280	0.04	32.970	32.520	13.670
	40	2400	0.04	33.120	32.670	13.820
		2700	0.04	33.270	32.820	13.970
	50	3000	0.04	33.440	32.990	14.140
		3300	0.04	33.570	33.120	14.270
1	60	3600	0.04	33.640	33.190	14.340
		3900	0.04	33.690	33.240	14.390

PRUEBA DE DESCENSO

Departamento:	Piura	Provincia:	Piura	Distrito:	Cura Mori
Coordenadas UTM WGS84		Este:	537065	Norte:	9411275
Nombre del Pozo:	A.P Cura Mori	Ejecutor:	Dalia Flores	Fecha:	Set 2018
N° IRHS:	4	N.E (m):	19.3	P.R (m):	-0.45
Prof. Del Pozo (m):	120.00 m				

TIEMPO			Q (m³/seg)	DESCENSO DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg		Nivel ref. descenso	Nivel descenso	Rebatimiento
	70	4200	0.005	33.830	33.380	14.530
	75	4500	0.005	33.960	33.510	14.660
	80	4800	0.005	34.100	33.650	14.800
	85	5100	0.005	34.240	33.790	14.940
	90	5400	0.005	34.360	33.910	15.060
	100	6000	0.005	34.480	34.030	15.180
	110	6600	0.005	34.610	34.160	15.310
2	120	7200	0.005	34.660	34.210	15.360
	130	7800	0.005	34.780	34.330	15.480
	140	8400	0.005	34.930	34.480	15.630
	150	9000	0.005	35.040	34.590	15.740
	165	9900	0.005	35.160	34.710	15.860
3	180	10800	0.005	35.290	34.840	15.990
	195	11700	0.005	35.440	34.990	16.140
	210	12600	0.005	35.560	35.110	16.260
4	240	14400	0.005	35.690	35.240	16.390
	270	16200	0.005	35.810	35.360	16.510
5	300	18000	0.005	35.940	35.490	16.640
6	360	21600	0.005	36.050	35.600	16.750
7	420	25200	0.005	36.160	35.710	16.860
8	480	28800	0.005	36.280	35.830	16.980
9	540	32400	0.005	36.390	35.940	17.090
12	720	43200	0.005	36.500	36.050	17.200
15	900	54000	0.005	36.610	36.160	17.310
18	1080	64800	0.005	36.720	36.270	17.420
21	1260	75600	0.005	36.810	36.360	17.510
24	1440	86400	0.005	36.910	36.460	17.610



PRUEBA DE RECUPERACIÓN

Departamento: Piura
 Coordenadas UTM WGS84
 Nombre del Pozo: A.P Cura Mori
 N° IRHS: 04
 Prof. Del Pozo (m): 120.00 m

Provincia: Piura
 Este: 537065
 Ejecutor: Dalia Flores
 N.E (m): 19.30
 Tiempo de Bombeo (min):

Distrito: Cura Mori
 Norte: 9411275
 Fecha: Set 2018
 P.R (m): -0.45
 1440

TIEMPO DE RECUPERACION			(Tb+Tr)/Tr	Q (m³/seg)	RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg			Nivel		Depresion residual
		0			19.300	21.650	0.000
	0.5	30	2881.00	0.005	36.510	38.860	17.210
	1	60	1441.00	0.005	33.213	35.563	13.913
	1.5	90	961.00	0.005	32.662	35.012	13.362
	2	120	721.00	0.005	31.778	34.128	12.478
	2.5	150	577.00	0.005	29.900	32.250	10.600
	3	180	481.00	0.005	29.689	32.039	10.389
	3.5	210	412.43	0.005	29.310	31.660	10.010
	4	240	361.00	0.005	29.010	31.360	9.710
	4.5	270	321.00	0.005	28.660	31.010	9.360
	5	300	289.00	0.005	28.390	30.740	9.090
	5.5	330	262.82	0.005	28.230	30.580	8.930
	6	360	241.00	0.005	28.110	30.460	8.810
	6.5	390	222.54	0.005	28.390	30.740	8.560
	7	420	206.71	0.005	28.230	30.580	8.400
	7.5	450	193.00	0.005	28.110	30.460	8.170
	8	480	181.00	0.005	27.860	30.210	8.060
	8.5	510	170.41	0.005	27.700	30.050	7.870
	9	540	161.00	0.005	27.470	29.820	7.750
	9.5	570	152.58	0.005	27.360	29.710	7.640
	10	600	145.00	0.005	27.170	29.520	7.520
	11	660	131.91	0.005	27.050	29.400	7.360
	12	720	121.00	0.005	26.940	29.290	7.070
	13	780	111.77	0.005	26.820	29.170	6.885
	14	840	103.86	0.005	26.660	29.010	6.760
	15	900	97.00	0.005	26.370	28.720	6.560
	16	960	91.00	0.005	26.185	28.535	6.430
	17	1020	85.71	0.005	26.060	28.410	6.280
	18	1080	81.00	0.005	25.860	28.210	6.160
	19	1140	76.79	0.005	25.730	28.080	6.050
	20	1200	73.00	0.005	25.580	27.930	5.970
	22	1320	66.45	0.005	25.460	27.810	5.860
	24	1440	61.00	0.005	25.350	27.700	5.640
	26	1560	56.38	0.005	25.270	27.620	5.370
	28	1680	52.43	0.005	25.160	27.510	5.250
	30	1800	49.00	0.005	24.940	27.290	5.160
	32	1920	46.00	0.005	24.670	27.020	5.040
	34	2040	43.35	0.005	24.550	26.900	4.910
	36	2160	41.00	0.005	24.460	26.810	4.770
	38	2280	38.89	0.005	24.340	26.690	4.740
	40	2400	37.00	0.005	24.210	26.560	4.570
	45	2700	33.00	0.005	24.070	26.420	4.390
	50	3000	29.80	0.005	24.040	26.390	4.170
	55	3300	27.18	0.005	23.870	26.220	4.060

PRUEBA DE RECUPERACIÓN

Departamento: Piura
 Coordenadas UTM WGS84
 Nombre del Pozo: A.P Cura Mori
 N° IRHS: 04
 Prof. Del Pozo (m): 120.00 m

Provincia: Piura
 Este: 537065
 Ejecutor: Dalia Flores
 N.E (m): 19.30
 Tiempo de Bombeo (min):

Distrito: Cura Mori
 Norte: 9411275
 Fecha: Set 2018
 P.R (m): -0.45
 1440

TIEMPO DE RECUPERACION			(Tb+Tr)/Tr	Q (m³/seg)	RECUPERACION DEL NIVEL DE AGUA		
Hora	Min	Seg			Nivel		Depresion residual
	60	4200	25.00	0.005	23.250	25.600	3.950
	65	4500	23.15	0.005	23.130	25.480	3.830
	70	4800	21.57	0.005	22.980	25.330	3.680
	75	5100	20.20	0.005	22.860	25.210	3.560
	80	5400	19.00	0.005	22.730	25.080	3.430
	85	6000	17.94	0.005	22.630	24.980	3.330
	90	6600	17.00	0.005	22.530	24.880	3.230
	100	7200	15.40	0.005	22.410	24.760	3.110
	110	7800	14.09	0.005	22.270	24.620	2.970
2	120	8400	13.00	0.005	22.160	24.510	2.860
	130	9000	12.08	0.005	22.050	24.400	2.750
	140	9900	11.29	0.005	21.940	24.290	2.640
	150	10800	10.60	0.005	21.840	24.190	2.540
	165	11700	9.73	0.005	21.730	24.080	2.430
3	180	12600	9.00	0.005	21.590	23.940	2.290
	195	14400	8.38	0.005	21.510	23.860	2.210
	210	16200	7.86	0.005	21.440	23.790	2.140
4	240	18000	7.00	0.005	21.220	23.570	1.920
	270	21600	6.33	0.005	21.130	23.480	1.830
5	300	25200	5.80	0.005	20.980	23.330	1.680
6	360	28800	5.00	0.005	20.780	23.130	1.480
7	420	32400	4.43	0.005	20.660	23.010	1.360
8	480	43200	4.00	0.005	20.530	22.880	1.230
9	540	54000	3.67	0.005	20.270	22.620	0.970
10	600	64800	3.40	0.005	20.160	22.510	0.860
11	660	75600	3.18	0.005	20.040	22.390	0.740
12	720	86400	3.00	0.005	19.900	22.250	0.600
13	780	54000	2.85	0.005	32.248	34.598	0.470
14	840	64800	2.71	0.005	32.118	34.468	0.340
15	900	75600	2.60	0.005	31.978	34.328	0.200
16	960	86400	2.50	0.005	31.848	34.198	0.070

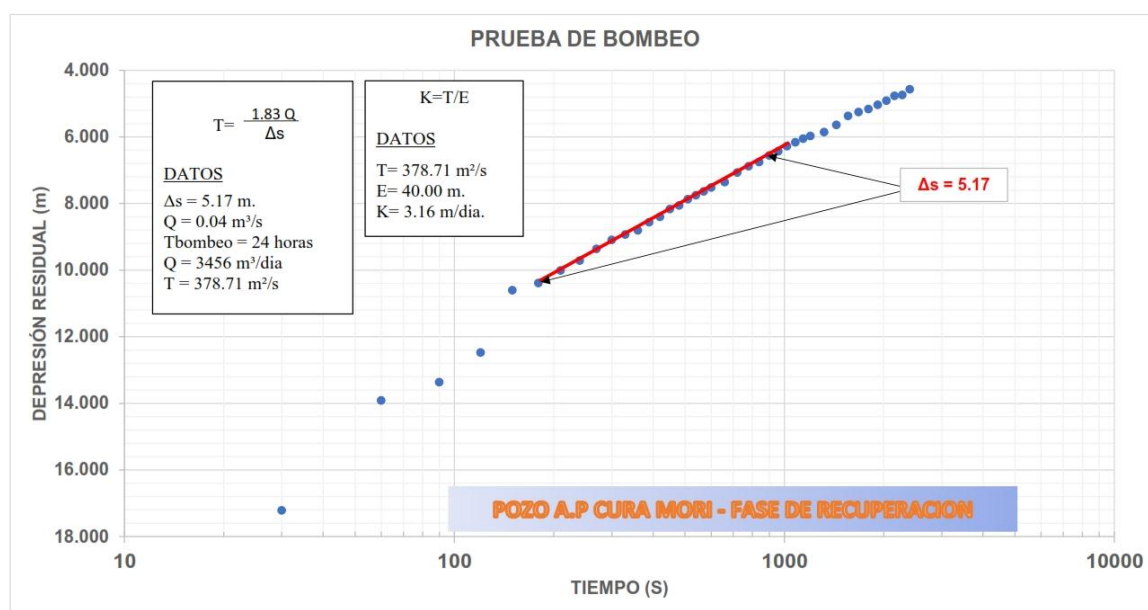


FIG. 09: DIAGRAMA DE SCHOELLER - BERKALOFF

POZO IRHS 4 - AGUA POTABLE CURA MORI

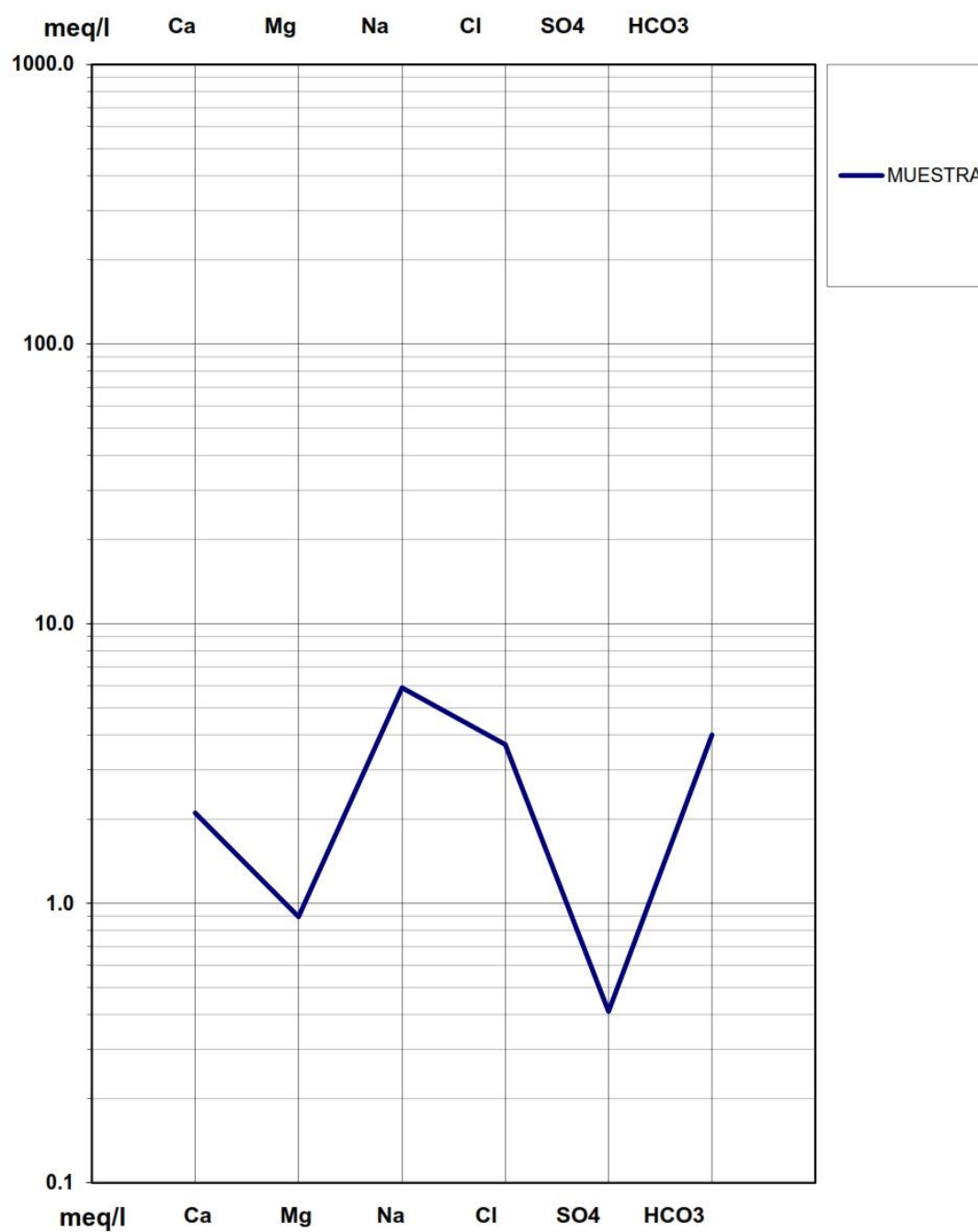
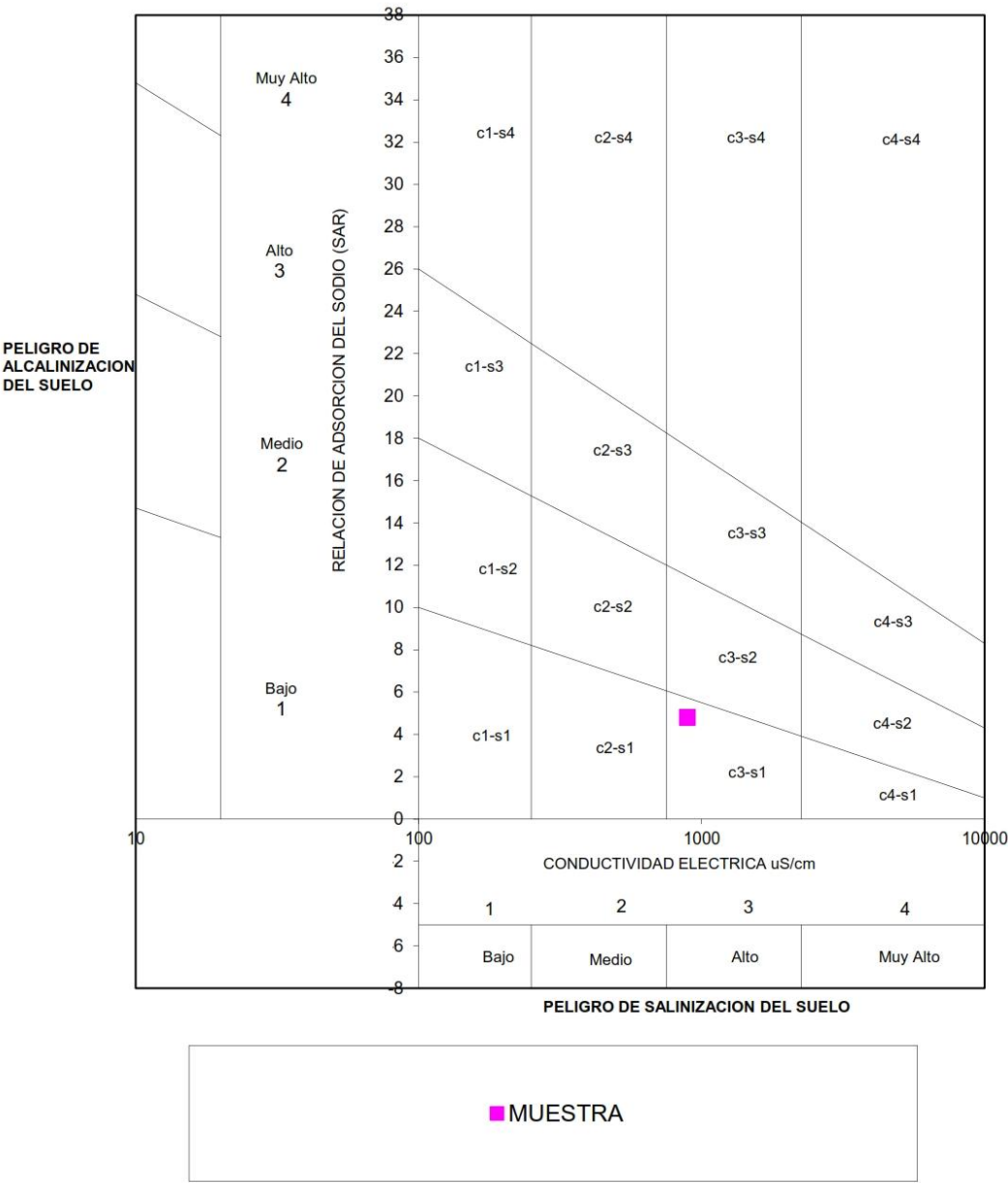


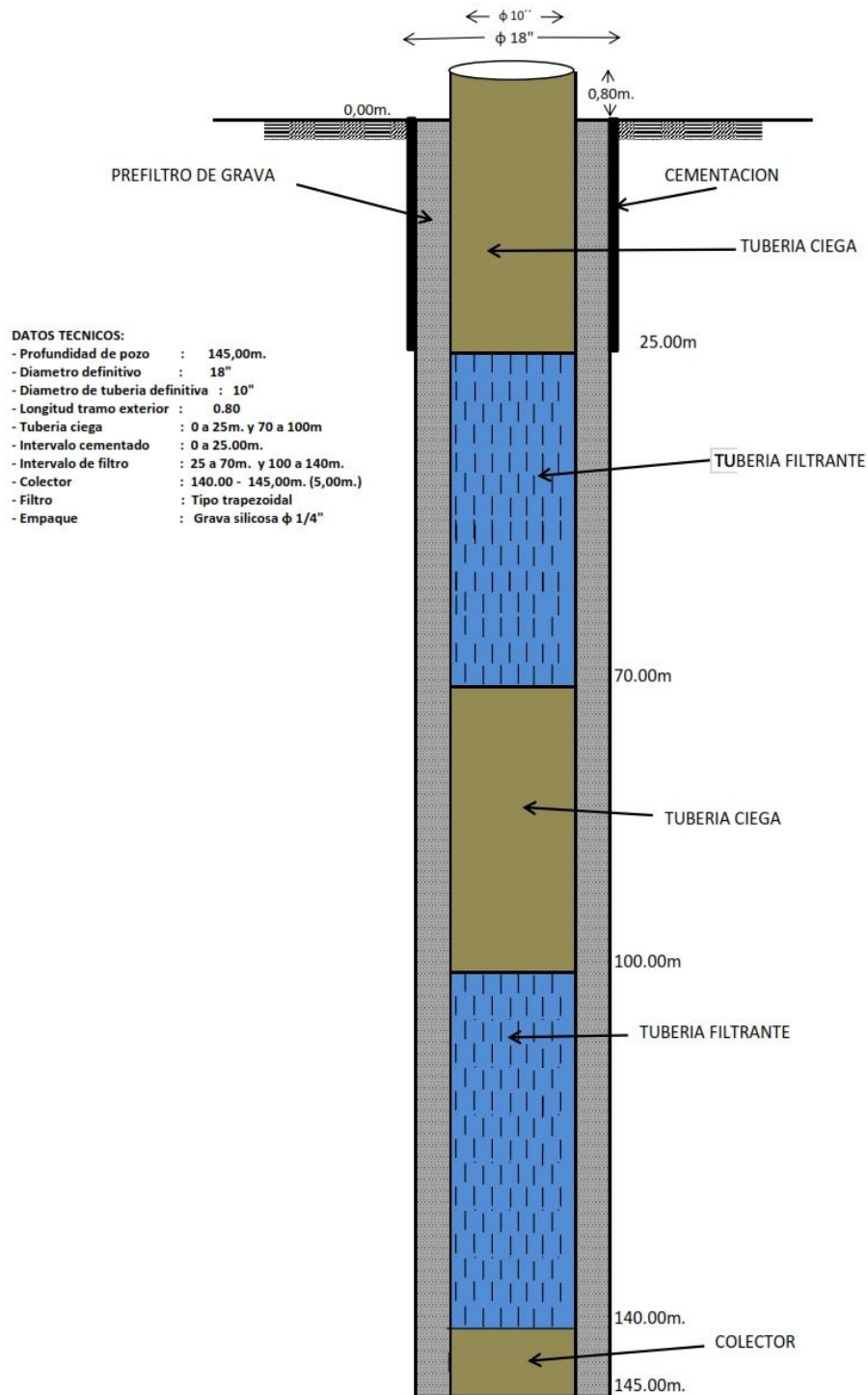
FIG 10. CLASIFICACION DE AGUA PARA RIEGO

POZO IRHS 4 - AGUA POTABLE CURA MORI

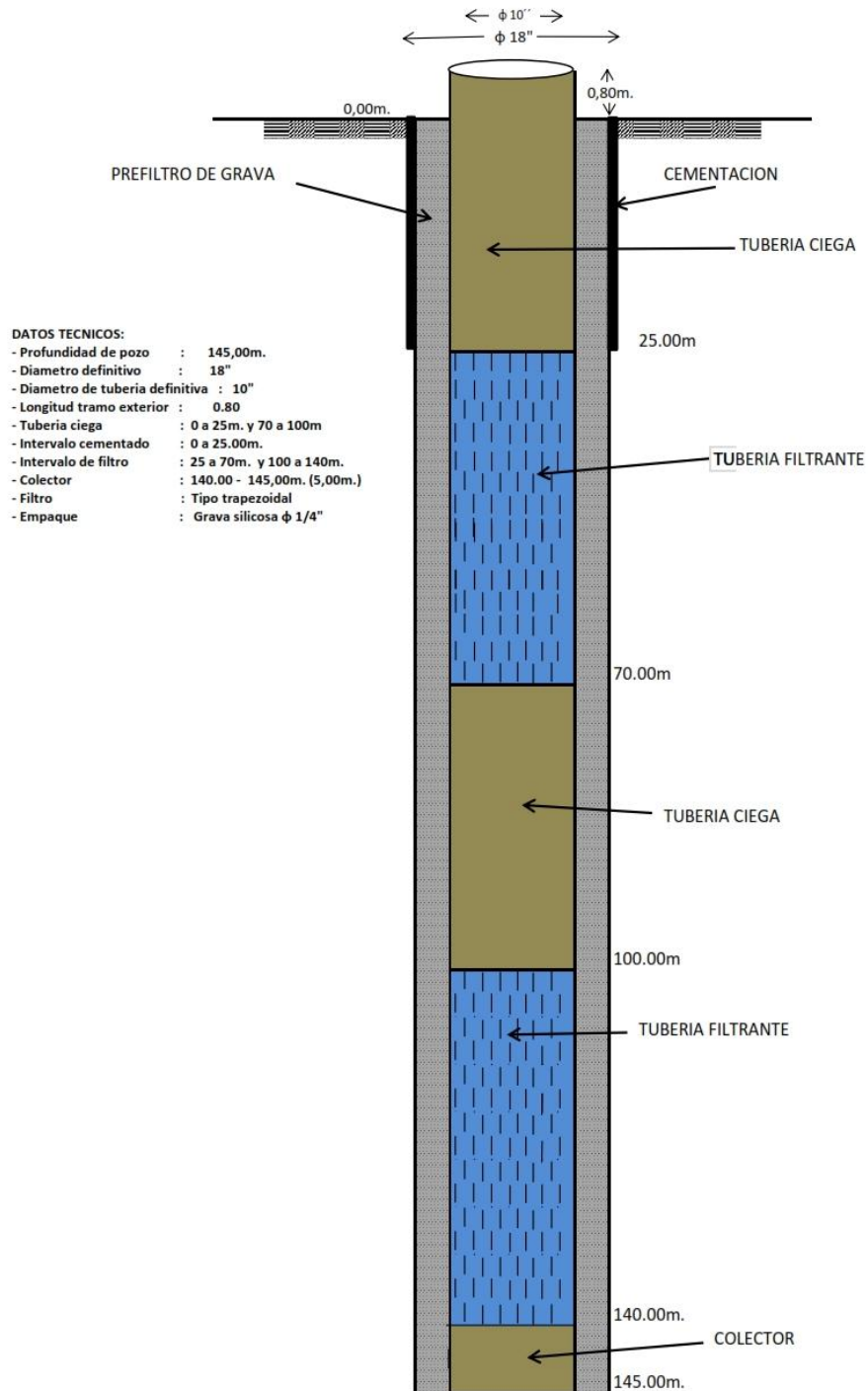


ANEXO N° 4: DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO

DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO TUBULAR PREDIO "AA.HH NUEVO SANTA ROSA" ALTERNATIVA N° 1: SEV N° 1



DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO TUBULAR
PREDIOS "VEGA DE LA YUCA Y BASILIO SANTA"
ALTERNATIVA N° 2: SEV N° 4



ANEXO N° 5: TESTIMONIO FOTOGRAFICO

S.E.V N° 1

INSTALACION DEL EQUIPO DE PROSPECCION



S.E.V N° 2

CONEXIÓN DEL CABLEADO DE EMISIÓN



S.E.V Nº 3

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO



S.E.V Nº 4

SEÑALIZACION DEL PUNTO DE INVESTIGACION



S.E.V Nº 5

CONEXION DEL CABLEADO DE CORRIENTE

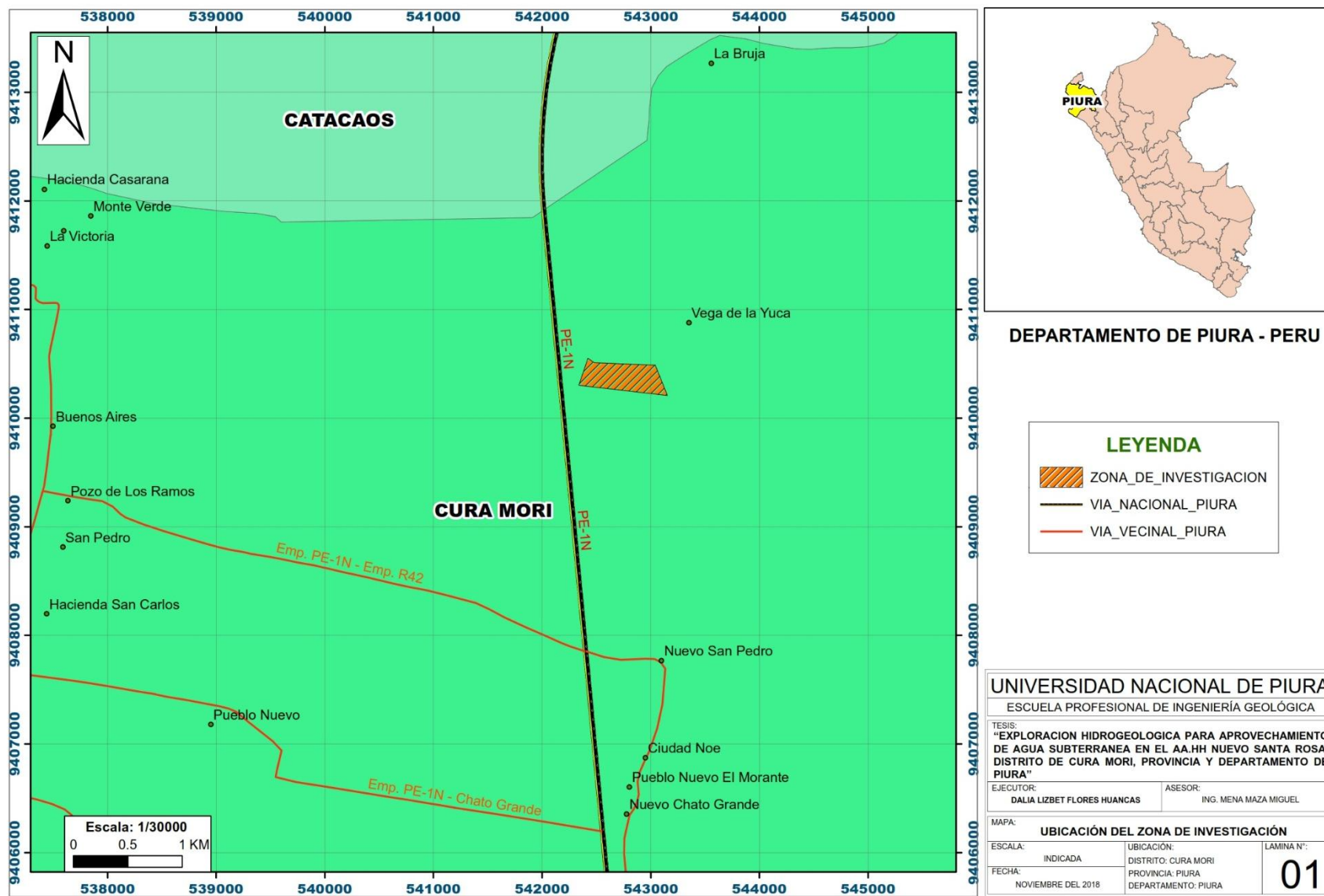


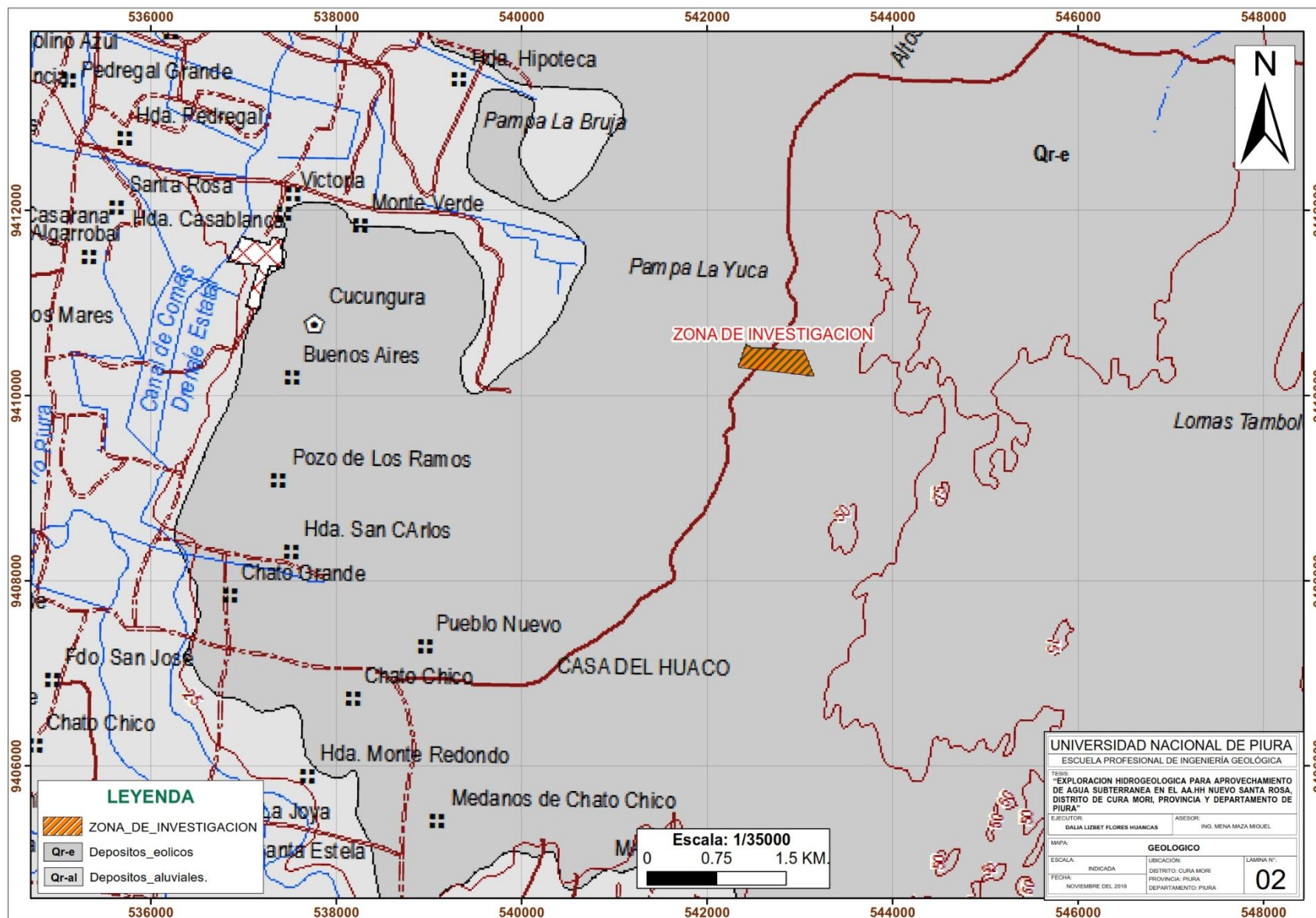
S.E.V Nº 6

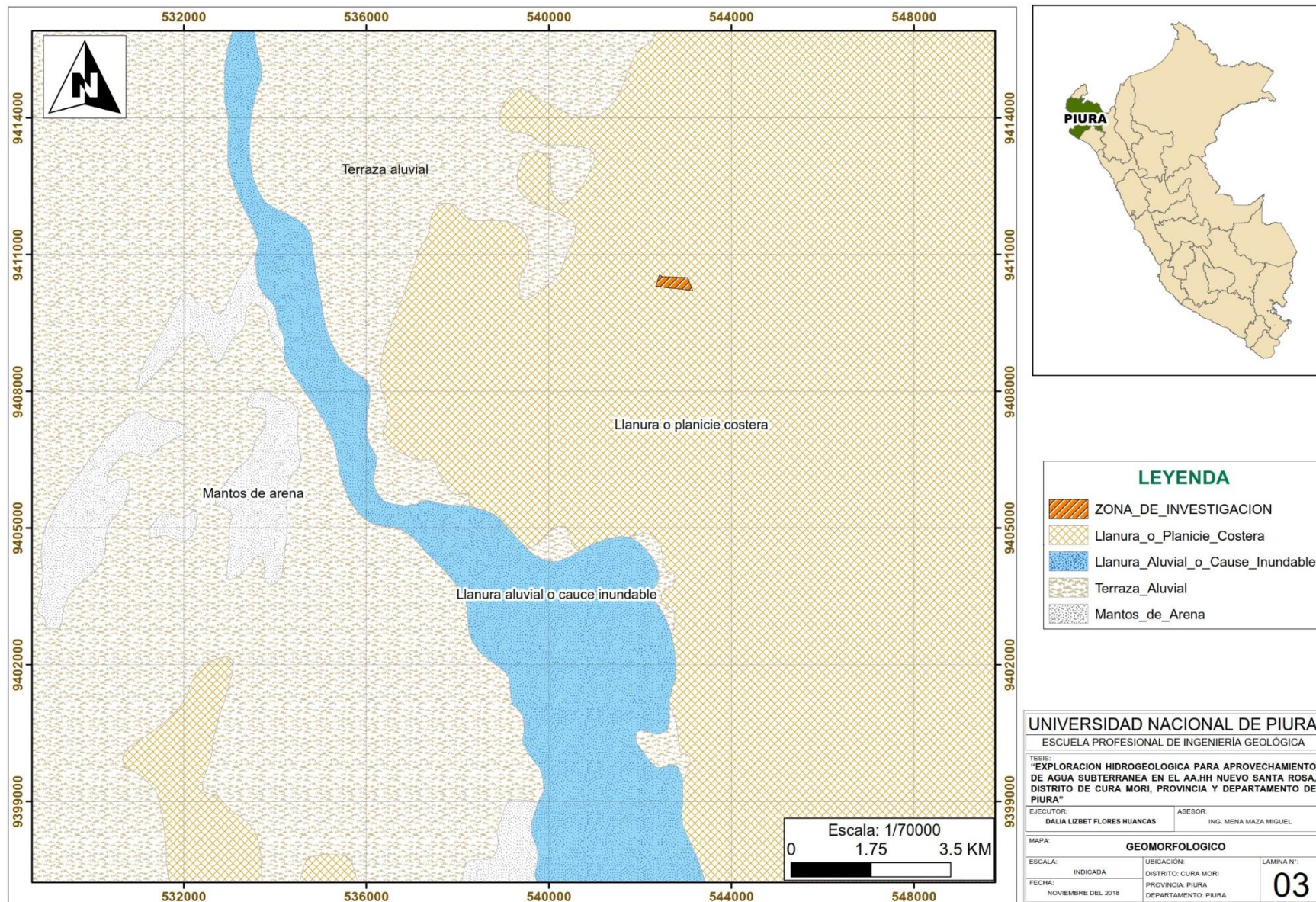
REGISTRO DE COORDENADAS DEL PUNTO DE INVESTIGACION

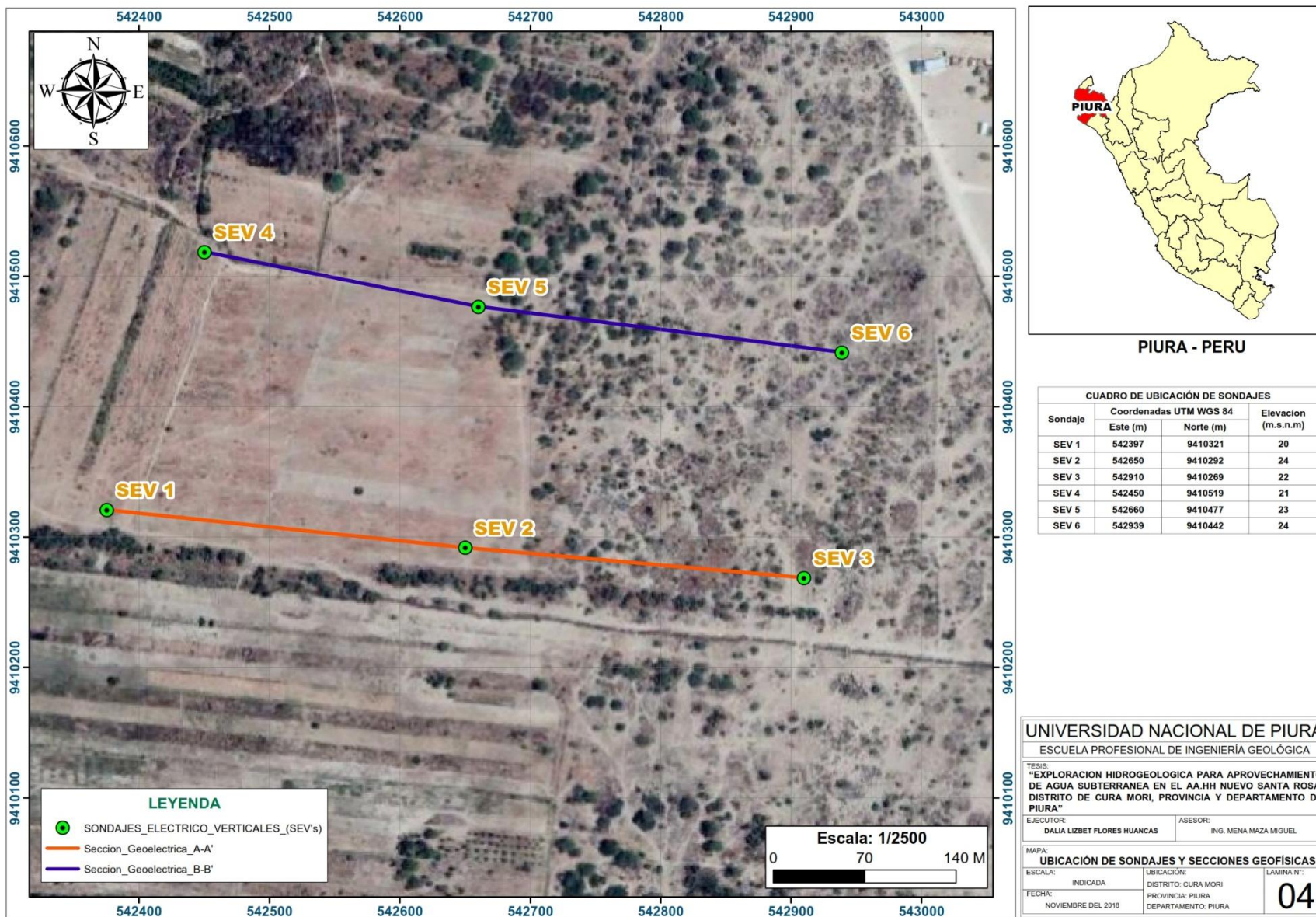


ANEXO N° 6: MAPAS







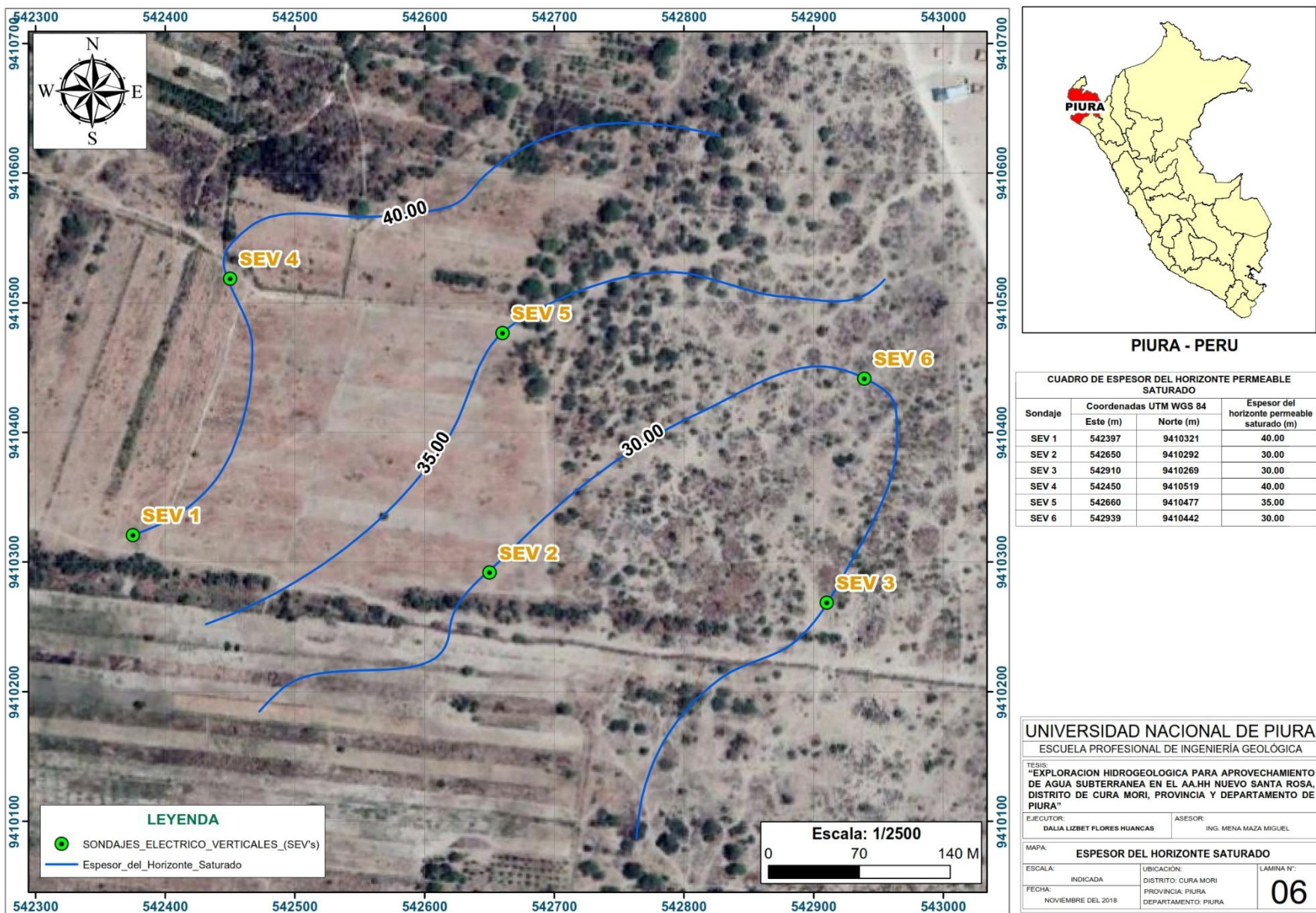


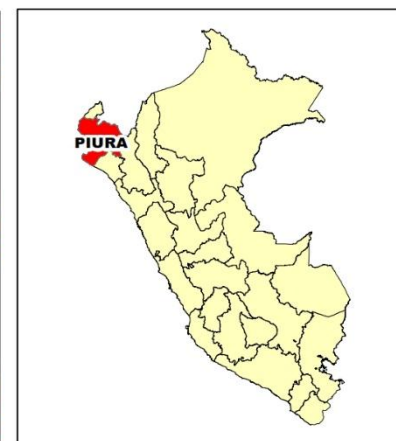


PIURA - PERU

CUADRO DE RESISTIVIDAD DEL HORIZONTE PERMEABLE SATURADO			
Sondaje	Coordenadas UTM WGS 84		Resistividad del horizonte permeable saturado (Ohm/m)
	Este (m)	Norte (m)	
SEV 1	542397	9410321	44.90
SEV 2	542650	9410292	46.80
SEV 3	542910	9410269	48.50
SEV 4	542450	9410519	48.00
SEV 5	542660	9410477	45.50
SEV 6	542939	9410442	47.70

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
TESIS:			
"EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL A.A.H.H NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"			
EJECUTOR:		ASESOR:	
DALIA LIZBET FLORES HUANCAS		ING. MENA MAZA MIGUEL	
MAPA:			
RESISTIVIDAD DEL HORIZONTE SATURADO			
ESCALA:	UBICACION:	LAMINA N°:	
INDICADA	DISTRITO: CURA MORI	05	
FECHA:	PROVINCIA: PIURA		
NOVIEMBRE DEL 2018	DEPARTAMENTO: PIURA		

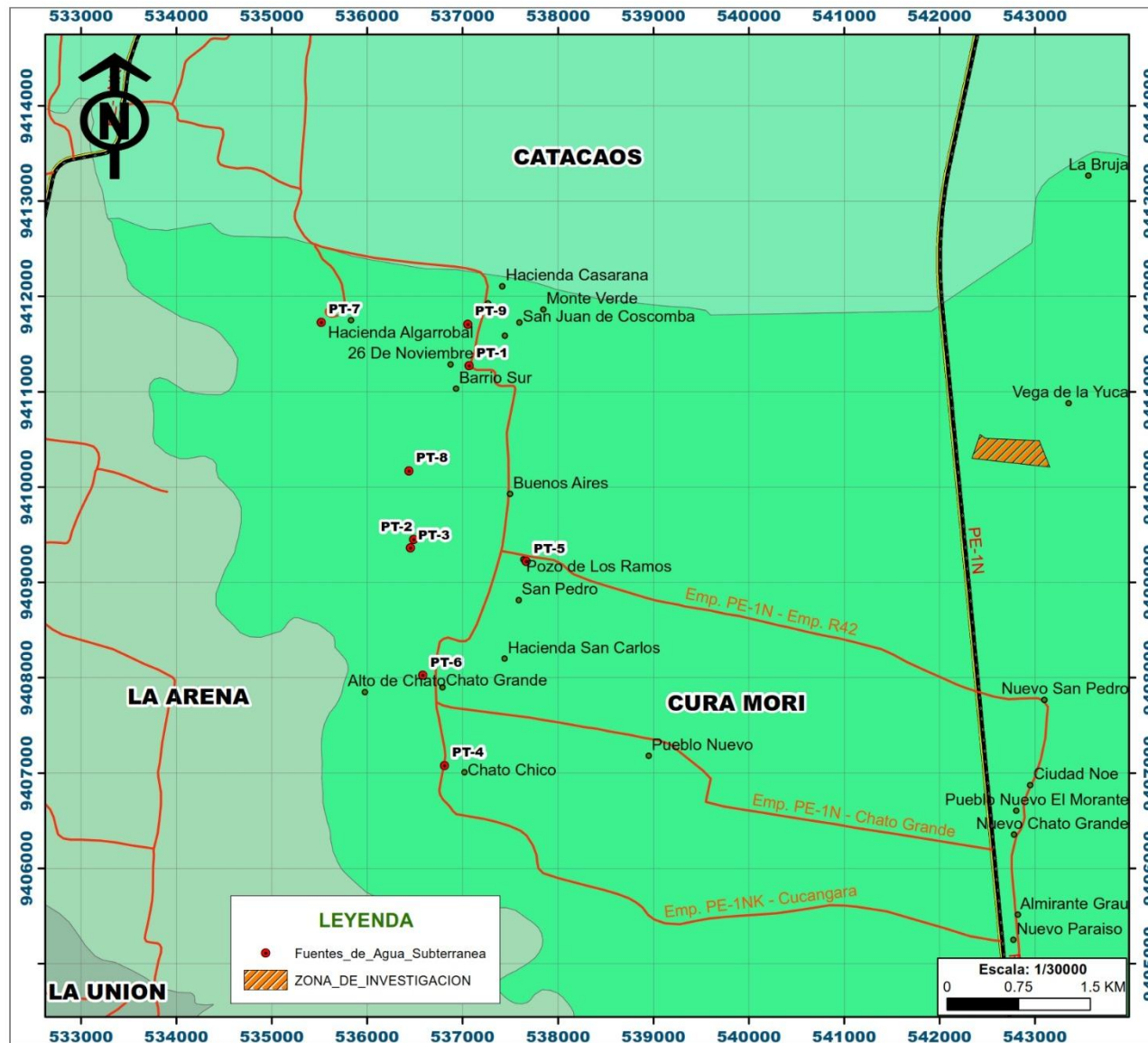




PIURA - PERU

CUADRO DE UBICACIÓN DEL TECHO DEL BASAMENTO ROCOSO O IMPERMEABLE			
Sondaje	Coordenadas UTM WGS 84		Profundidad del techo del basamento rocoso o impermeable (m)
	Este (m)	Norte (m)	
SEV 1	542397	9410321	140.00
SEV 2	542650	9410292	120.00
SEV 3	542910	9410269	140.00
SEV 4	542450	9410519	140.00
SEV 5	542660	9410477	125.00
SEV 6	542939	9410442	130.00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: "EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA.HH NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"		
EJECUTOR:	ASESOR:	
DALIA LIZBET FLORES HUANCAS	ING. MENA MAZA MIGUEL	
MAPA: TECHO DEL BASAMENTO ROCOSO O IMPERMEABLE		
ESCALA:	UBICACIÓN:	LAMINA N°:
INDICADA	DISTRITO: CURA MORI	07
FECHA:	PROVINCIA: PIURA	
NOVIEMBRE DEL 2018	DEPARTAMENTO: PIURA	



PIURA - PERU

CUADRO DE UBICACIÓN DE FUENTES DE AGUA SUBTERRANEA				
Pozo Tubular	Nombre del Pozo.	Coordenadas UTM WGS 84		Elevación (m.s.n.m)
		Este (m)	Norte (m)	
PT-1	AGUA POTABLE CURA MORI	537065	9411275	17.80
PT-2	COOP. NEGRI ULLOA-SAN ERNESTO	536485	9409449	16.00
PT-3	POZO RENTERIA	536454	9409362	16.00
PT-4	CASERIO CHATO CHICO	536809	9407080	16.00
PT-5	AGUA POTABLE POZO DE LOS RAMOS	537065	9409219	23.00
PT-6	AGUA POTABLE CHATO CHICO Y GRANDE	536582	9408025	25.00
PT-7	FAM. SANDOVAL RAMOS	535516	9411731	21.00
PT-8	CASA HIDA. CHATO CHICO P-16	536434	9410174	20.00
PT-9	ESTADIO MUNICIPAL	537052	9411709	20.00

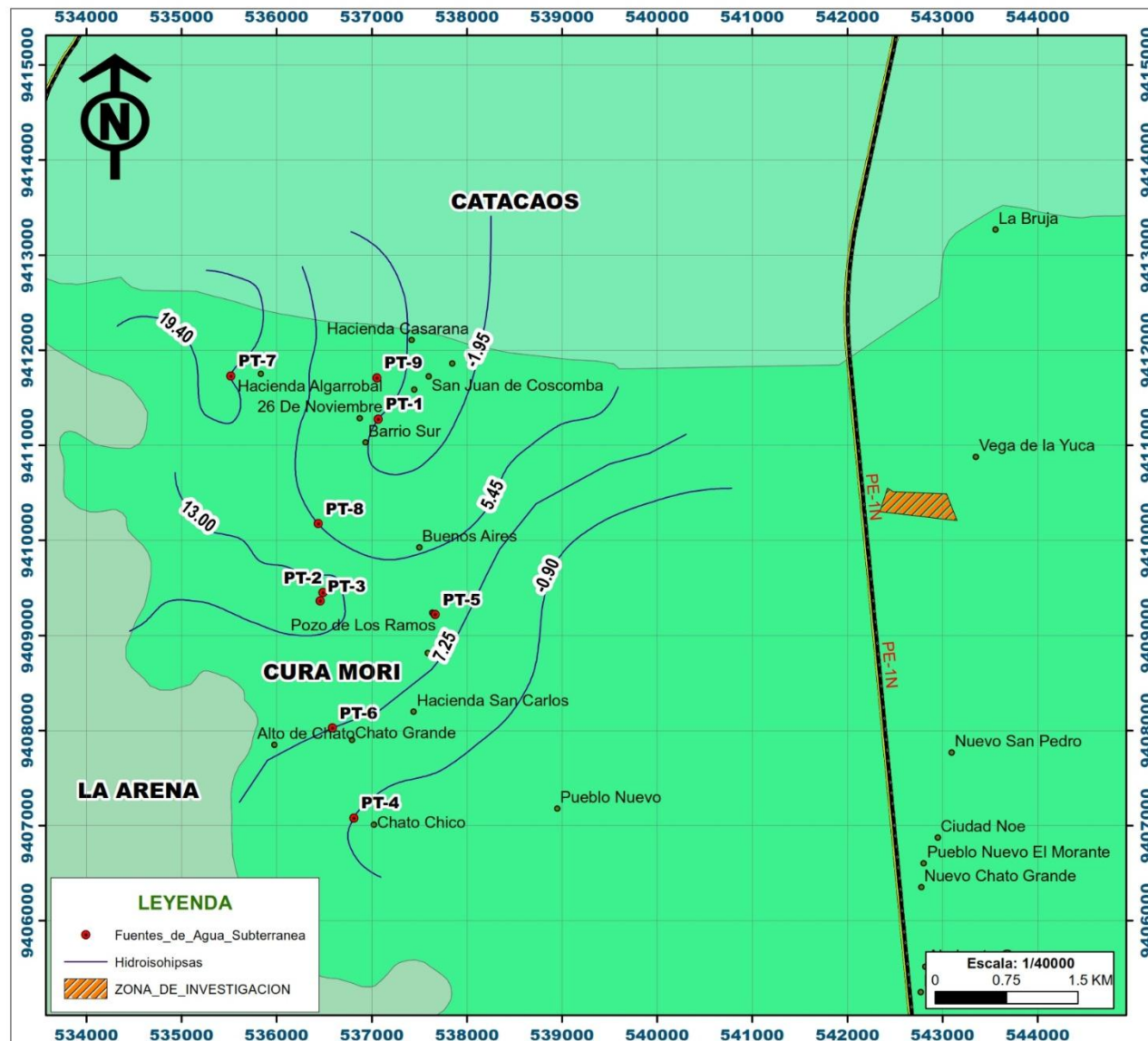
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

TESIS:
 "EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA.HH NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"

EJECUTOR: DALIA LIZBET FLORES HUANCAS ASESOR: ING. MENA MAZA MIGUEL

MAPA: **UBICACIÓN DE POZOS Y FUENTES DE AGUA**

ESCALA: INDICADA UBICACIÓN: DISTRITO: CURA MORI LAMINA N°: 08
 FECHA: NOVIEMBRE DEL 2018 PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA



PIURA - PERU

Pozo Tubular	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84	Hidroisohipsa (m.s.n.m.)
PT-1	AGUA POTABLE CURA MORI	537065 9411275	-1.95
PT-2	COOP. NEGRI ULLOA- SAN ERNESTO	536485 9409449	13.50
PT-3	POZO RENTERIA	536454 9409362	12.90
PT-4	CASERO CHATO CHICO	536809 9407080	-0.90
PT-5	AGUA POTABLE POZO DE LOS RAMOS	537665 9409219	-
PT-6	AGUA POTABLE CHATO CHICO Y GRANDE	536582 9408025	7.25
PT-7	FAM. SANDOVAL RAMOS	535516 9411731	19.40
PT-8	CASA HDA. CHATO CHICO P-16	536434 9410174	5.45
PT-9	ESTADO MUNICIPAL	537052 9411709	-

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

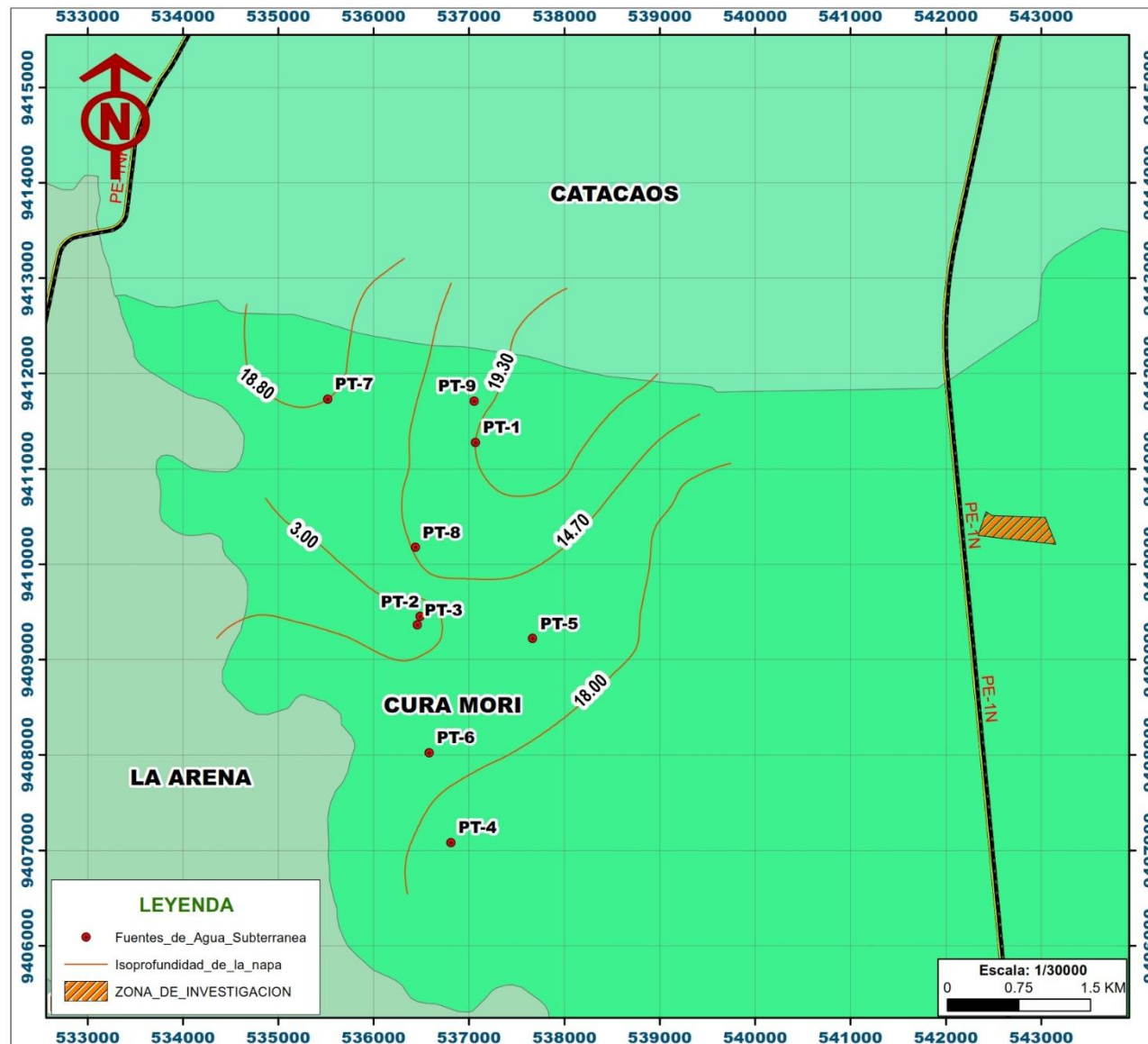
TESIS:
"EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA.HH NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"

EJECUTOR:
DALIA LIZBET FLORES HUANCAS

ASESOR:
ING. MENA MAZA MIGUEL

MAPA: HIDROISOHIPSAS

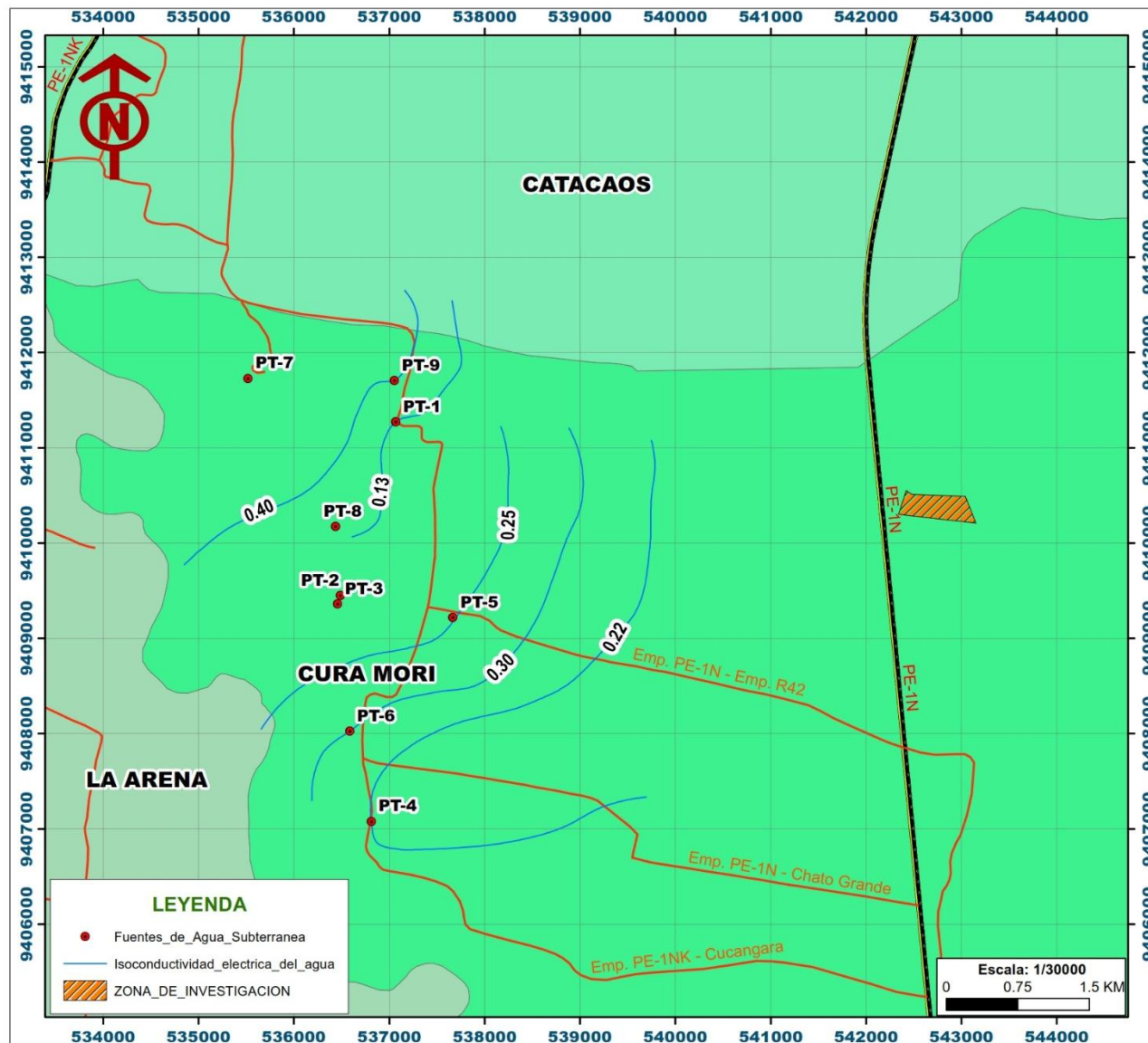
ESCALA: INDICADA	UBICACION: DISTRITO: CURA MORI PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA	LÁMINA N°: 09
---------------------	--	-------------------------



PIURA - PERU

Pozo Tubular	Nombre del Pozo.	Coordenadas UTM WGS 84		Isopropundidad de la Napa (m)
		Este (m)	Norte (m)	
PT-1	AGUA POTABLE CURA MORI	537065	9411275	19.30
PT-2	COOP. NEGRI ULLOA- SAN ERNESTO	536485	9409449	2.50
PT-3	POZO RENTERIA	536454	9409362	2.60
PT-4	CASERIO CHATO CHICO	536809	9407080	17.00
PT-5	AGUA POTABLE POZO DE LOS RAMOS	537665	9409219	-
PT-6	AGUA POTABLE CHATO CHICO Y GRANDE	536582	9408025	18.80
PT-7	FAM. SANDOVAL RAMOS	535516	9411731	1.80
PT-8	CASA HDA. CHATO CHICO P-16	536434	9410174	14.70
PT-9	ESTADIO MUNICIPAL	537052	9411709	-

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: "EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL AA.HH NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"		
EJECUTOR:	ASESOR:	
DALIA LIZBET FLORES HUANCAS	ING. MENA MAZA MIGUEL	
MAPA: ISOPROFUNDIDAD DE LA NAPA		
ESCALA:	UBICACIÓN:	LAMINA N°:
INDICADA	DISTRITO: CURA MORI	10
FECHA:	PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA	
NOVIEMBRE DEL 2018		



PIURA - PERU

Pozo Tubular	Nombre del Pozo	Coordenadas UTM WGS 84		Isoconductividad del Agua (Microsiemens)
		Este (m)	Norte (m)	
PT-1	AGUA POTABLE CURA MORI	537065	9411275	0.40
PT-2	COOP. NEGRI ULLOA-SAN ERNESTO	536485	9409449	-
PT-3	POZO RENTERIA	536454	9409362	-
PT-4	CASERIO CHATO CHICO	536809	9407080	0.22
PT-5	AGUA POTABLE POZO DE LOS RAMOS	537665	9409219	0.25
PT-6	AGUA POTABLE CHATO CHICO Y GRANDE	536582	9408025	0.30
PT-7	FAM. SANDOVAL RAMOS	535516	9411731	-
PT-8	CASA HDA. CHATO CHICO P-16	536434	9410174	-
PT-9	ESTADIO MUNICIPAL	537052	9411709	0.13

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS:
"EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA.HH NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"

EJECUTOR:
DALIA LIZBET FLORES HUANCAS

ASESOR:
ING. MENA MAZA MIGUEL

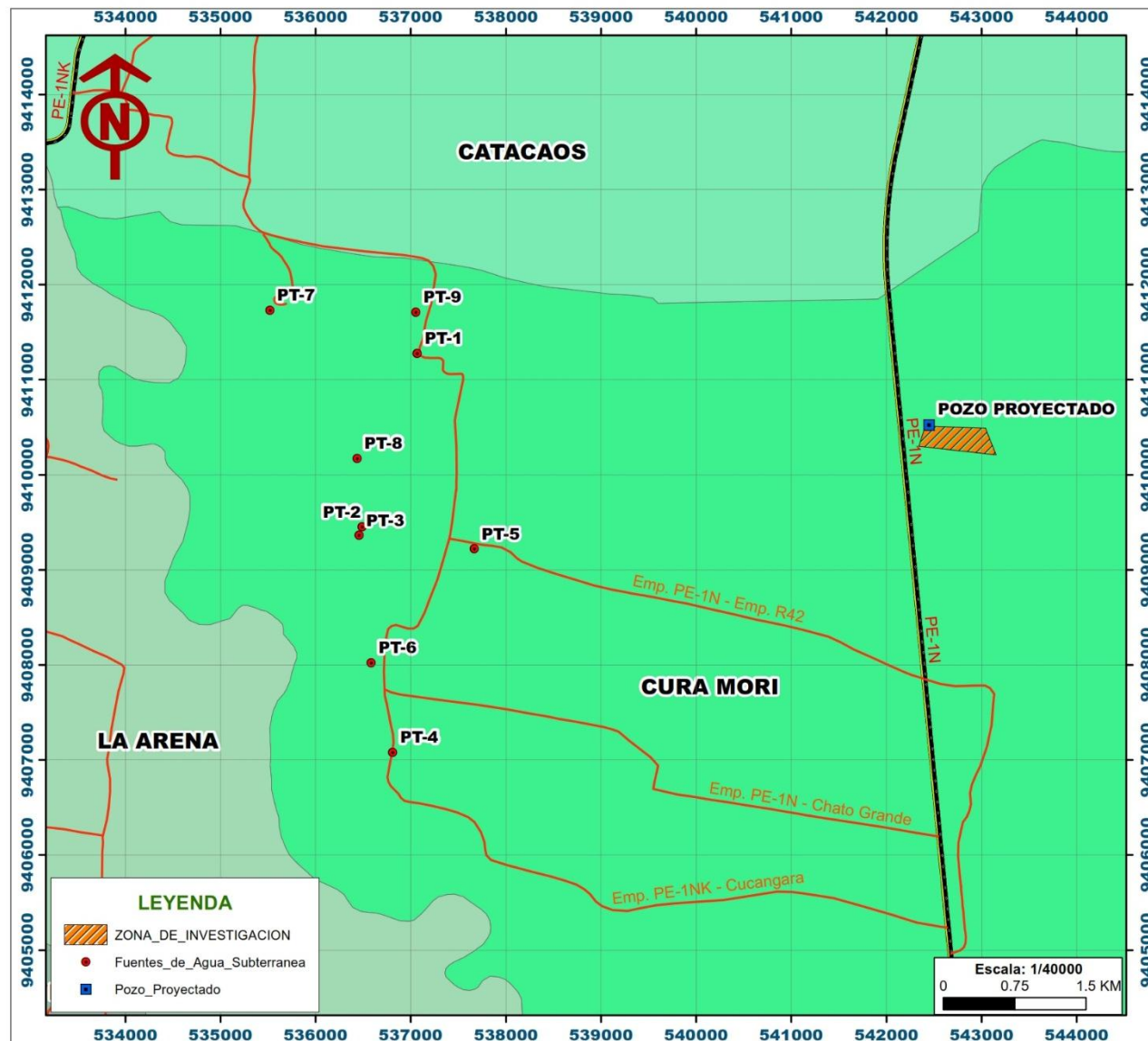
MAPA:
ISOCONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA

ESCALA:
INDICADA

FECHA:
NOVIEMBRE DEL 2018

UBICACIÓN:
**DISTRITO: CURA MORI
 PROVINCIA: PIURA
 DEPARTAMENTO: PIURA**

LAMINA N°:
11



PIURA - PERU

CUADRO DE UBICACIÓN DEL POZO PROYECTADO			
Pozo Proyectado	Coordenadas UTM WGS 84		Elevacion (m.s.n.m)
	Este (m)	Norte (m)	
SEV - 04	542450	9410519	21

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
TESIS: "EXPLORACION HIDROGEOLOGICA PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AA.HH NUEVO SANTA ROSA, DISTRITO DE CURA MORI, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PIURA"		
EJECUTOR: DALIA LIZBET FLORES HUANCAS	ASESOR: ING. MENA MAZA MIGUEL	
MAPA: UBICACIÓN DEL POZO PROYECTADO		
ESCALA: INDICADA	UBICACIÓN: DISTRITO: CURA MORI PROVINCIA: PIURA DEPARTAMENTO: PIURA	LAMINA N°: 12
FECHA: NOVIEMBRE DEL 2018		

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- 1. ANA – ALA Sechura 2014 - Inventarios de Fuentes de Agua Subterránea.**
- 2. Auge, m. (2008).** Métodos geoeléctricos para la prospección del agua subterránea. Buenos Aires, Argentina.
- 3. Calda, Palacios, Pecho y Vela (1980).** Geología de los Cuadrángulos de Bayóvar, Sechura, La Redonda, Punta La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas Y Morrope
- 4. Chow, Meidment, Mays, (1994).** Hidrología Aplicada
- 5. Custodio, Llamas (1983).** Hidrología subterránea
- 6. Enrique del Valle Toledo –** Introducción a los Métodos Geofísicos de Exploración.
- 7. Ernesto Orellana 1972 -** Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua.
- 8. Germán Monsalve Sáenz –** Hidrología en la Ingeniería.
- 9. Gobierno de La Republica del Perú (2009).** Ley de Recursos Hídricos Subterráneos Ley N°29338
- 10. Gonzales de Vallejo (2004).** Ingeniería Geológica
- 11. Hugo Rivera Mantilla 2011 -** Geología General.
- 12. Ingemmet por: Julio Calda, Oscar Palacios, Víctor Pecho y Churchill Vela 1980 -** Boletín N°32 Geología de los Cuadrángulos de Bayóvar, Sechura, La Redonda, Punta La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas Y Morrope.
- 13. Luis Gonzales de Vallejo 2004 -** Ingeniería Geológica.
- 14. Orellana (1972).** Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua
- 15. Plata torres, j. L. (2000).** Técnicas convencionales de Geofísica de superficie aplicadas en Hidrogeología
- 16. Riegger (2004).** FEM_MODFLOW CONFERENCE, Hydrological Model
- 17. Rivera (2011).** Geología General
- 18. Ven Te Chow, Meidment, D.R Mays, L 1994 -** Hidrología Aplicada.
- 19. Villanueva e Iglesias (1984).** Pozos y Acuíferos
- 20. Villanueva Martínez, m., & Iglesias López, a. (1984).** Pozos y Acuíferos: Técnicas de Evaluación Mediante Ensayos de Bombeo. Madrid: IBERGESA.